

第2章 堤 防

第1節 通 則	1	2. 設計の基本	33
1. 適用範囲	1	2-1 断面および構造	33
2. 適用基準等	1	2-1-1 堤防の高さ	33
3. 堤防の種類	1	2-1-2 堤防の形状	33
4. 堤防設計の基本	2	2-1-3 高規格堤防の天端幅	33
4-1 堤防の原則	2	2-2 堤体材料	34
4-2 完成堤防の定義	2	3. 高規格堤防の設計	35
4-3 堤防の性能と機能	3	3-1 対象水位	35
第2節 土 堤（標準）	4	3-2 設計荷重	36
1. 適 用	4	3-3 設計震度	37
2. 堤防の構造	4	4. 安全性に対する設計	38
2-1 堤防各部の名称	4	4-1 越流水による洗掘に対する安定性	38
2-2 堤防材料	4	4-2 河道内流水による侵食に対する安全性	38
2-3 堤防の形状	5	4-3 浸透に対する安全性	38
2-4 のり覆工	8	4-4 すべりに対する安全性	40
2-5 天端の処理	8	4-5 液状化に対する安全性	40
2-6 側帯工	9	4-6 堤防の沈下に対する配慮	41
2-7 堤防附属施設	10	4-7 隣接構造物への影響に対する設計	41
3. 堤防の安全性に対する設計	14	4-8 段階的施工における留意点等	42
3-1 堤防設計の必要性	14	第4節 特殊堤（標準）	43
3-2 堤防設計の手順	14	1. 定 義	43
3-3 堤防設計外力	16	2. 断面形状および構造	43
3-4 機能毎の設計方法	16	2-1 高潮の影響を受ける区域における堤防	43
3-4-1 浸透に対する安全性の照査	16	2-2 胸壁（パラペット）を有する堤防	44
3-4-2 侵食に対する安全性の照査	23	2-3 コンクリート擁壁構造等の堤防	44
3-4-3 地震に対する安全性の照査	26	第5節 環境への配慮および河川空間活用への配慮	45
3-5 基礎地盤に対する調査、検討	28	1. 河川環境の整備と保全	45
第3節 高規格堤防（標準）	32	2. 河川空間活用への配慮	45
1. 定 義	32		

第2章 堤防

第1節 通 則

1. 適用範囲

本章は、河川において行う堤防の設計についての考え方を示すものである。
なお、堤防は原則として盛土により築造するものとする。

出典：[1.]
改訂解説・河川管理施設等構造令
(H12.1)P112

2. 適用基準等

表 1-2-1 示方書等の名称

指 針・要 綱 等	発行年月日	発 刊 者
改訂解説・河川管理施設等構造令	平成 12 年 1 月	日本河川協会
河川砂防技術基準 同解説 計画編	平成 17 年 11 月	〃
河川砂防技術基準（案）同解説 設計編 I	平成 9 年 10 月	〃
河川土工マニュアル	平成 21 年 4 月	国土技術研究センター
河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）	平成 24 年 2 月	〃
河川構造物の耐震性能照査指針・解説 II・堤防編	平成 24 年 2 月	国土交通省水管理・国土保全局

3. 堤防の種類

堤防とは、河川の流水の氾濫を防ぐ目的をもって、土砂・石礫等によって造られた河川構造物である。河川の特性と堤防の目的に応じて堤防の造り方も異なり、一般に土でつくられる土堤、コンクリートや矢板等で設けられる特殊堤、破堤による甚大な被害を軽減するために設けられる高規格堤防（スーパー堤防）等の種類がある。

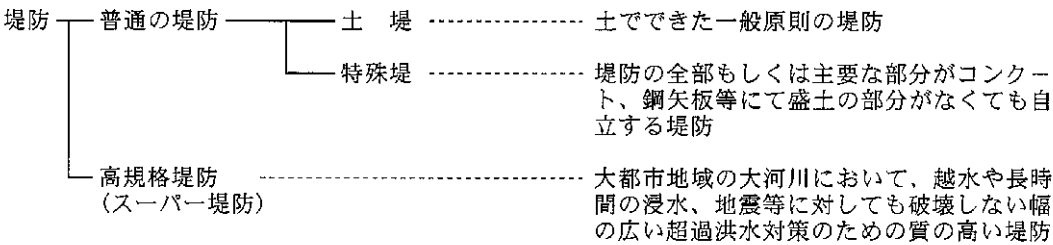


図 1-3-1 堤防の種類

また、機能上次のような種類の堤防がある。

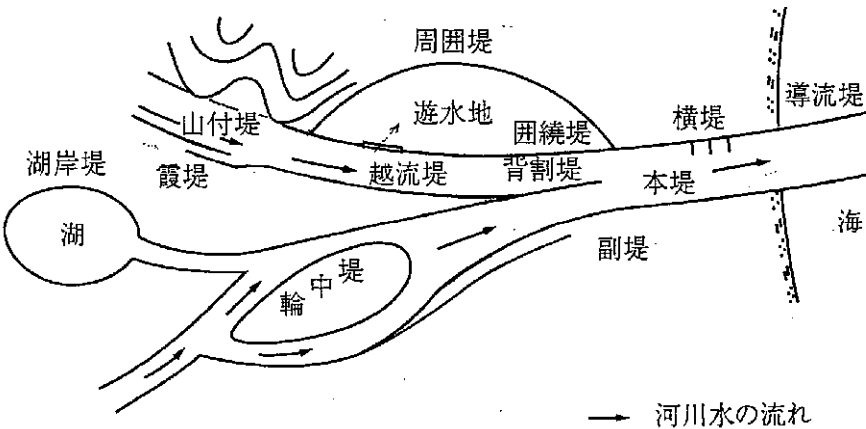


図 1-3-2 堤防の機能上の種類

4. 堤防設計の基本

4-1 堤防の原則

堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位（高潮区間にあっては、計画高潮位）以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。

河川改修工事は、計画の対象となる洪水流量（計画高水流量）を定め、それ以下の洪水に対して氾濫原を防御するために行うものである。いわば河川改修工事は、計画高水流量以下の洪水に限って計画河道の中に押し込めようとするものである。すなわち、堤防は、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全であるよう設置されるものであるといえる。

なお、高規格堤防においては、「本章第3節高規格堤防」に示すとおり、高規格堤防設計水位に対し安全となるように設計するものである。

4-2 完成堤防の定義

完成堤防とは、計画高水位に対して必要な高さと断面を有し、さらに必要に応じ護岸（のり覆工、根固め工等）等を施したものをいう。

河川管理施設等構造令（以下構造令という）における堤防に関する基準は、堤内地盤より 0.6m 以上のものについて定められており、この基準でも 0.6m 未満の盛土はこの節を適用しないものとする。

堤防の高さ、および断面については計画高水位を対象に築造されるが、一般に堤防は土でできているので越流や浸透に対して十分な配慮が必要である。

したがって、余裕高が必要であり、また、浸透等に耐える安定した断面形状と構造が必要である。さらに流勢に対して侵食による破壊を防ぐためには必要に応じて護岸（のり覆工に根固め等を備えたもの）等を設け、堤防の土羽部分は芝等で被覆する。

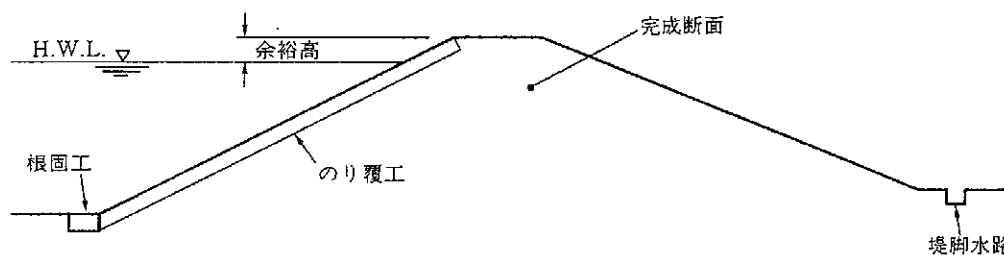


図 1-4-1 完成堤防の例

完成堤防は計画高水位の流水に対して構造上通常考えられている安全性を確保するものでなければならない。したがって、必要な余裕高、断面を有し、さらに必要に応じ護岸等を備えた構造とする必要がある。ただし、改修工事を進める場合に、段階的に洪水に対する安全度を向上させるため、対岸、または上下流の堤防の高さその他工事費等の関係から、堤防の暫定断面施工や護岸等を未施工とする、あるいは護岸ののり覆工のみ施工して根固め工を後年度に回す等段階施工が行われる場合がある。

この場合の堤防の強度は計画高水位の流水に対しては完全な構造物としての機能を期待し難いため、この場合の堤防を暫定堤防と称し完成堤防とは区別される。

出典：[4-1]
改訂解説・河川管理施設等構造令

(H12.1)P106
一部加筆

出典：[4-2]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
(H9.10)P3, 4

4-3 堤防の性能と機能

流水が河川外に流出することを防止するために設ける堤防は、計画高水位（高潮区間にあっては計画高潮位、暫定堤防にあっては、「構造令 第 32 条」に定める水位）以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造となるよう設計するものとする。

また、平水時における地震の作用に対して、地震により壊れても浸水による二次災害を起こさないことを原則として耐震性を評価し、必要に応じて対策を行うものとする。

出典：[4-3]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
(H9. 10)P4, 5

河川管理施設等構造令による「流水」には、河川の流水の浸透水が含まれるので、流水の通常的作用とは、洗掘作用のほか、浸透作用も考える必要があり、土堤を原則とする堤防は、これらの作用に対して安全な構造とする必要がある。洗掘作用は、一般的に局所的現象として発生する場合が多いため、河川の蛇行特性、河床変動特性等について検討のうえ、洗掘作用に対する堤防保護の必要性を判断しなければならない。したがって、高規格堤防を除く一般の堤防は、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造となるよう耐浸透性および耐侵食性について設計する必要がある。また、現在の堤防は、そのほとんどが長い歴史の中で、過去の被災の状況に応じて嵩上げ、腹付け等の修繕・補強工事を重ねてきた結果の姿であるので、通常経験しうる洪水の浸透作用に対しては、経験上安全であると考えられており、過去の経験等に基づき設計を行ってきた。現在においても、堤防の安全性を厳密に評価することは難しいが、技術の進歩等により土質構造に関する解析計算が容易に実施できるようになってきており、理論的な設計手法によって堤防の安全性を照査することが可能となっている。

地震については、これまで土堤には一般に地震に対する安全性は考慮されていない。これは、地震と洪水が同時に発生する可能性が少なく、地震による被害を受けても、土堤であるため復旧が比較的容易であり、洪水や高潮の来襲の前に復旧すれば、堤防の機能は最低限度確保することができることから、頻繁に発生する洪水に対しての防御が優先であるという考え方によるものである。過去の地震による堤防被害事例の調査によれば、最も著しい場合でも堤防すべてが沈下してしまう事例はなく、ある程度の高さ（堤防高の 25% 程度以上）は残留している。しかし、堤内地が低いゼロメートル地帯等では、地震時の河川水位や堤防沈下の程度によっては、被害を受けた河川堤防を河川水が越流し、二次的に甚大な浸水被害へと波及する恐れがあるため、浸水による二次災害の可能性がある河川堤防では、土堤についても地震力を考慮することが必要である。そこで、土堤の確保すべき耐震性として、地震により壊れない堤防とするのではなく、壊れても浸水による二次災害を起こさないことを原則として耐震性を評価し、必要に応じて対策を行うものとする。

堤防の設計にあたり、考慮すべき事項は 表 1-4-1 のとおりである。

表 1-4-1 堤防の安全性に求める機能と外力

作 用	確保すべき機能	安全性に係る外力
降雨および流水	耐 浸 透	降雨および流水の浸透
流 水	耐 侵 食	流水による流体力
地 震	必要に応じて耐震	地震動による液状化, 慣性力

第2節 土 堤（標準）

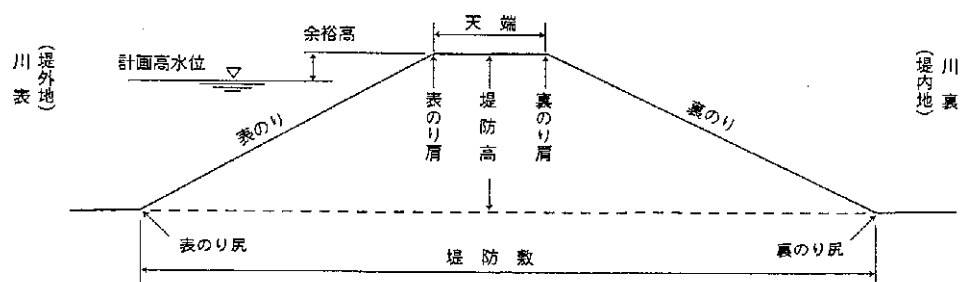
1. 適 用

本章は、河川において施工する堤防のうち、土堤の設計についての標準を示すものである。

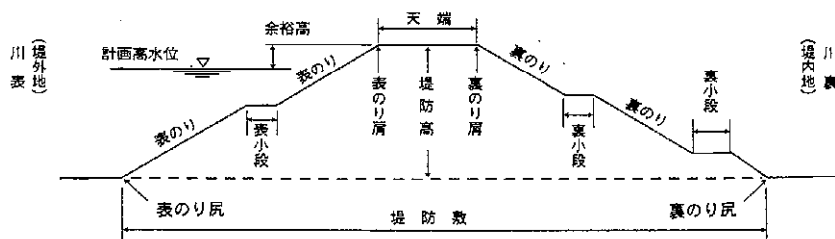
2. 堤防の構造

2-1 堤防各部の名称

堤防各部の名称は 図 2-2-1 のとおり。



(a) 1枚のりの場合



(b) 従来断面で小段のある場合

注) 堤防法線とは、表のり肩を連ねた線をいう。

図 2-2-1 堤防各部の名称

2-2 堤防材料

堤防は、盛土により築造するものとする。

堤防は、盛土により築造する土堤を原則とする。

盛土による堤防の材料は、原則として近隣において得られる土の中から、堤体材料として適当なものを選定し、地域の特性を生かして、堤防の機能・安定性が保たれるよう設計する。

なお、既設堤防を拡築する場合には、既設堤防の盛土材料を検討の上、その材料を選定する必要がある。

出典：[図 2-2-1]

河川土工マニュアル

(H21.4) P61

一部加筆

出典：[2-2]

改訂解説・河川管理施

設等構造令

(H12.1) P112

2-3 堤防の形状

堤防を計画するときの断面および形状は、「構造令」ならびに「河川砂防技術基準(案)設計編」によるものとする。

(1) 堤防の高さ

a. 堤防の余裕高

堤防（計画高水流量を定めない湖沼の堤防を除く）の高さは、計画高水流量に応じ、計画高水位に次の表の下欄に掲げる値を加えた値以上とするものとする。

ただし、堤防に隣接する堤内の土地の地盤高（以下「堤内地盤高」という。）が計画高水位より高く、かつ、地形の状況等により治水上の支障がないと認められる区間にあつては、この限りでない。

表 2-2-1 計画高水流量に対する堤防の余裕高

項	1	2	3	4	5	6
計画高水流量 (単位: m^3/s)	200未満	200以上 500未満	500以上 2,000未満	2,000以上 5,000未満	5,000以上 10,000未満	10,000以上
計画高水位に加える値 (単位: m)	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2

b. 支川の背水区間の堤防の高さ

支川の背水区間における堤防の高さは、合流点における本川の堤防の高さよりも低くならないように定めるものとする。

ただし、樋門・水門等逆流防止施設を設ける場合にはこの限りでない。

c. 余盛

堤防の施工箇所は、計画断面（堤防定規断面）に堤防の余盛基準による余盛高をとるものとする。

堤防を築造するときには、一般的に「余盛」と称する、沈下相当分を所要の余裕高に増高して施工することとしている。すなわち、余盛は施工上の配慮として行うものである。

堤防の余盛は、以下の余盛基準によるものとする。

- ① 余盛は、堤体の圧縮沈下、基礎地盤の圧密沈下、天端の風雨等による損傷等を勘案して通常の場合は表 2-2-2 に示す高さを標準とする。ただし、一般的に地盤沈下の甚だしい地域、低湿地等の地盤不良地域における余盛高は、さらに余裕を見込んで決定するものとする。
- ② 余盛高は、堤高の変動を考慮して支川の合流点、堤防山付、橋梁等によって区分される一連区間毎に定めるものとする。
- ③ 余盛高の基準となる堤高は、対象とする一連区間内で、延長 500m 以上の区域についての堤高の平均値が最大となるものを選ぶものとする。
- ④ 施工断面については、堤防の天端および小段では排水を良好にするために勾配をつけるが、天端部では蒲鉾形とし、小段では片勾配とする。勾配は一般に 3～10% 程度が採用されている。なお、天端舗装をする場合は、この限りでない。
- ⑤ 残土処理等で堤防断面をさらに拡大する場合には、この基準によらないことができる。

出典:〔(1)〕

改訂解説・河川管理施設等構造令
(H12.1)P115

出典:〔④〕

河川土工マニュアル
(H21.4)P150

表 2-2-2 余盛高の標準 (単位: cm)

堤体の土質		普通土		砂・砂利	
地盤の土質		普通土	砂・砂利	普通土	砂・砂利
堤 高	3m 以下	20	15	15	10
	3m～ 5m まで	30	25	25	20
	5m～ 7m まで	40	35	35	30
	7m 以上	50	45	45	40

注) ① 余盛の高さは、堤防のり肩における高さをいう。

② 嵩上げ・拡幅の場合の堤高は、垂直盛土厚の最大値をとるものとする。

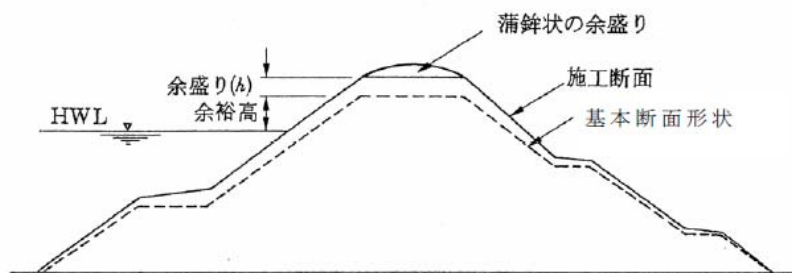


図 2-2-2 堤防余盛のすり付け

(2) 天端幅

a. 標準の区間

堤防の天端幅は、堤防の高さと堤内地盤高との差が 0.6m の未満である区間を除き、計画高水流量に応じ 表 2-2-3 に掲げる値以上とするものとする。

ただし、堤内地盤高が計画高水位より高く、かつ地形の状況等により治水上の支障がないと認められる場合にあつては、計画高水流量にかかわらず 3m 以上とすることができる。

表 2-2-3 計画高水流量と天端幅

計画高水流量 (単位 m^3/s)		天端幅 (m)
500 未満		3
500 以上	2,000 未満	4
2,000 以上	5,000 未満	5
5,000 以上	10,000 未満	6
10,000 以上		7

b. 支川の背水区間

支川の背水区間においては、堤防の天端幅が合流点における本川の堤防の天端幅より狭くならないよう定めるものとする。

ただし、逆流防止施設を設ける場合、または堤内地盤高が計画高水位より高く、かつ、地形の状況等により治水上支障がないと認められる区間にあつてはこの限りでない。

出典: [表 2-2-2]

河川土工マニュアル
(H21. 4) P207

出典: [図 2-2-2]

河川土工マニュアル
(H21. 4) P150

出典: [(2)]

改訂解説・河川管理施設等構造令
(H12. 1) P121

出典: [表 2-2-3]

改訂解説・河川管理施設等構造令 第 21 条
(H12. 1) P120
一部加筆

出典: [b.]

河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
2. 1. 4. 1 (H9. 10) P6

c. 高規格堤防の天端幅

高規格堤防の天端幅については、「本章第3節高規格堤防」による。

d. 計画高水流量を定めない湖沼の天端幅

計画高水流量を定めない湖沼の堤防については、堤防の高さ、および構造並びに背後地の状況を考慮して、3m以上の適切な値とする。

計画高水流量を定めない湖沼の堤防は、普通の堤防とは異なり流水の作用は浸透水、および波浪によるものが主体であることから、堤防設置箇所の状況により個々に検討を行い、天端幅を決定することが特に必要である。

(3) 管理用通路

堤防には、河川の巡視、洪水前の水防活動・消防活動、緊急車両の円滑な通行を図る等のために、次に定める構造の管理用通路を設けるものとする。

- ① 幅員は 3m 以上で堤防の天端幅以下の適切な値とすること。
- ② ただし、都市部の河川を中心に管理用通路を原則として 4m 以上とすることが望ましい。
- ③ 建築限界は、図 2-2-3 に示すところによること。

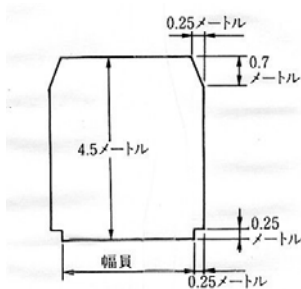


図 2-2-3 建築限界

- ④ 舗装については、路床の状態、利用条件、ライフサイクルコスト等を勘案のうえ設計を行うものとする。

ただし、これに代わるべき適当な通路がある場合、堤防の全部もしくは主要な部分がコンクリート、鋼矢板もしくは、これらに準ずるものによる構造のものである場合、または堤防の高さと堤内地盤高との差が 0.6m 未満の区間である場合にはこの限りでない。

(4) のり勾配

堤防ののり勾配は 3.0 割以上の緩やかな勾配とするものとする。ただし、のり面を被覆する場合においては、この限りでない。のり勾配の設定にあたっては、堤防敷幅が最低でも小段を有する断面とした場合の敷幅より狭くならないようにするものとする。

堤防の小段は降雨の堤体への浸透をむしろ助長する場合もあり、浸透面では緩勾配の一枚のりとしたほうが有利であること、環境面からも緩勾配ののり面が望まれる場合があること等から、小段の設置が特に必要とされる場合を除いては、一枚のり面とする単断面として、できるだけ緩いのり勾配とすることが望ましい。

出典:[d.]

改訂解説・河川管理施設等構造令 第 21 条
(H12.1)P120, 124

出典:[(3)]

改訂解説・河川管理施設等構造令

規則第 15 条
(H12.1)P150, 151

一部加筆

出典:[図 2-2-3]

改訂解説・河川管理施設等構造令

規則第 15 条
(H12.1)P151

出典:[(4)]

河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
2.1.4.3(H9.10)P8

出典:[(4)の一部]

河川堤防の構造検討
の手引き(改訂版)
参考 1 ② (H24.2)
P156

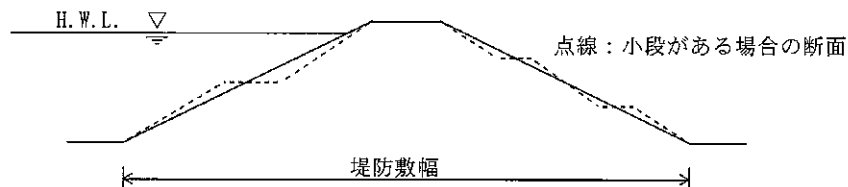


図 2-2-4 小段のあるのり面を緩勾配の一枚のりにする例

出典：〔(4)〕
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
2.1.4.3 図 1-2
(H9.10)P8

2-4 のり覆工

盛土による堤防ののり面（高規格堤防の裏のり面を除く）が降雨や流水等によるのり崩れや洗掘に対して安全となるよう、芝等によって覆うものとする。

のり覆工として用いられている芝付工には、芝張り、種子吹付け等があり、施工箇所等を考慮して選定する。

なお、急流部、堤脚に低水路が接近している箇所、水衝部等、流水や流木等によりのり面が侵食されやすい箇所等については、表のり面に適当な護岸を設ける必要がある。

のり覆工は景観や河川の利用等の河川環境にも配慮して設計するものとする。

出典：〔2-4〕
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
2.2.3(H9.10)P13
一部加筆

(1) 芝の種類

のり面に使用する芝の種類は大別して野芝（土付き芝）と人工芝（種芝）に分かれるが、原則として野芝を用いるものとする。

張芝、筋芝、市松芝、種子吹付け等の使用区分は、安全性と経済性に留意して決定するものとする。

(2) 使用区分

採用する芝の種類は、堤防各部の安全性と経済性に留意し決定するものとする。

2-5 天端の処理

雨水の堤体への浸透抑制や河川巡視の効率化、河川利用の促進等の観点から、堤防天端を舗装することが望ましい。

堤防天端は、雨水の浸透抑制や河川巡視の効率化の他、散策路や高水敷へのアクセス路として、河川空間のうちで最も利用されている空間であり、河川利用の促進等の観点から、河川環境上支障を生じる場合を除いて舗装されることが望ましい。

<原則>

- ・舗装は、計画堤防断面外に設置するものとする。

<雨水の堤体への浸透抑制>

- ・雨水の堤体への浸透を助長しないように舗装のクラック等は適切に維持管理する。
- ・舗装天端には、適宜勾配を付けるものとする。
- ・堤防のり面に雨裂等が発生しないように、必要に応じて適切な雨水排水処理を講ずるものとする。

<河川巡視の効率化、河川利用の促進>

- ・舗装は、兼用道路でない場合には、堤防の変状が発見しやすいように簡易舗装を原則とする。
- ・暴走行為等による堤防天端利用上の危険の発生を防止するため、必要に応じて、車止めを設置する等の適切な措置を講じる。

出典：〔2-5〕
改訂解説・河川管理施設等構造令
(H12.1)P122
一部加筆

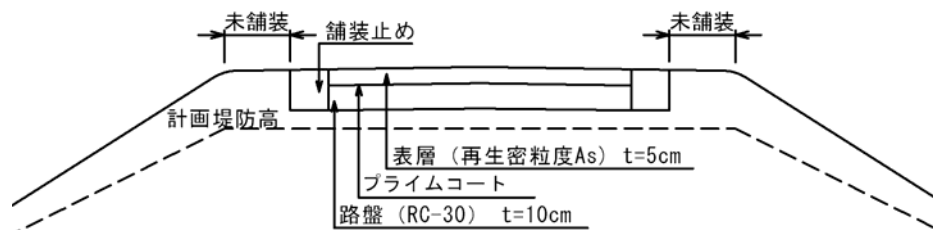


図 2-2-5 一般的な天端舗装の例

※図 2-2-5 は、舗装計画交通量 15 台未満/日・方向、信頼性 90%、路床 CBR8、設計期間 10 年の条件にて算定した舗装構成であり、天端舗装の参考例である。各現場においては、それぞれの条件を適切に考慮し、検討の上決定すること。

2-6 側帯工

堤防の安定を図るため必要がある場合、または非常用の土砂を備蓄し、あるいは環境を保全するため特に必要のある場合は、堤防の裏側に側帯を設けることができる。

第 2 種側帯の構造は、以下のとおりとする。

a. 一般的な構造

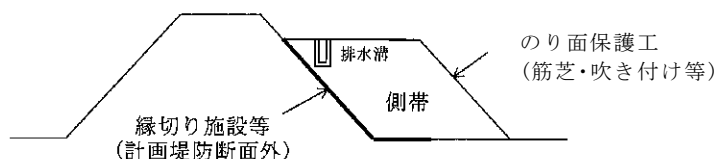


図 2-2-6 一般的な第 2 種側帯の例

b. 桜づつみの縁切り施設について

第 2 種側帯整備区間が桜づつみモデル事業に含まれる場合は、「桜づつみ縁切り施設等について」（平成元年 5 月 29 日河川局治水課、都市河川室事務連絡）によるものとする。

なお、縁切り施設については、経済性を考慮して決定するものとする。

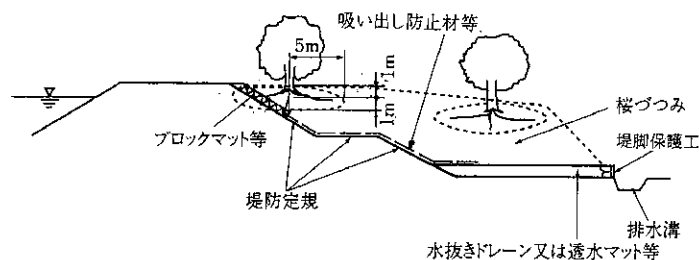


図 2-2-7 桜づつみ標準断面図

出典：[2-6]

改訂解説・河川管理施設等構造令

(H12.1)P138

一部加筆

2-7 堤防附属施設

堤防の附属施設には、堤防脚部を保護する堤脚保護工等、または巡視・点検等維持管理や河川空間利用としてのアクセスを容易とするものとして、坂路、階段等を設置するものとする。

なお、これら施設の設置にあたっては、バリアフリー等に配慮するとともに、環境の保全にも配慮した構造とする。

(1) 堤脚保護工

堤内背後地の利用状況を考慮して、堤脚保護のため川裏の堤脚部に設置する。堤脚保護工は、のり留工または水路等を設け境界工と兼ねることがある。

この川裏の堤脚部に設けるのり留工は、堤体内の浸透水および雨水の排水に支障を与えないとともに、堤体材料の微粒子が吸い出されることのないよう、特に配慮した構造とするものとする。

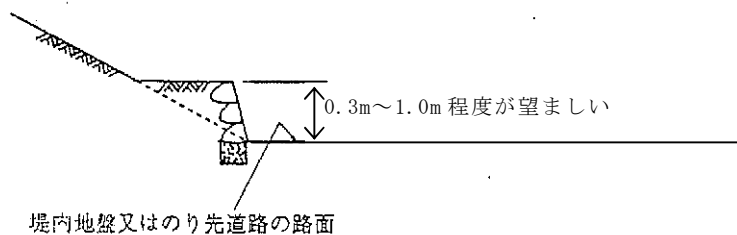


図 2-2-8 堤脚保護工

出典：〔(1)〕

改訂解説・河川管理施

設等構造令

第 25 条 ②

(H12.1)P146

一部加筆

出典：〔図 2-2-8〕

改訂解説・河川管理施

設等構造令

第 25 条 ②

図 3.19 (H12.1)P146

一部加筆

(2) 坂 路

坂路の設置は以下の事柄を考慮して設置するものとする。

- ① 堤外に設ける坂路は、狭窄部等治水上の支障となる箇所には、原則として設けてはならない。
- ② 堤外に設ける坂路は、堤防天端から下流に向かって下りるようにし、幅員も最小必要限度に押さえ、勾配も普通 6～10% 程度とし、できる限り流水の支障とならないようにするものとする。
- ③ 環境整備地区や河川敷利用者の多いところでは、地形の状況や地域の意向を踏まえ、構造等について特に配慮するものとする。なお、バリアフリー化を図る場合は、その用途に応じて勾配等を検討するものとする。この場合、「道路の移動円滑化整備ガイドライン（財）国土技術研究センター」等が参考となる。
- ④ 坂路部からののり勾配は、原則として本堤ののり勾配と同一とする。
- ⑤ 坂路は必ず計画堤防断面外に拡幅して設置し、のり面と坂路の接する部分には、のり留工（堤体保護工、法面保護工）を設置することとする。
なお、法留め工の構造等については、上下流の護岸を参考に定める。
- ⑥ 坂路の路面は、アスファルトまたはコンクリート舗装を施し、片勾配とし降雨等による洗掘から保護することが望ましい。
- ⑦ 橋梁、堰等の工作物の付近は極力避けること。
- ⑧ 坂路と堤体の間に空き地がある場合は水溜まりとならないように盛土を行い、平場は特定の用途（駐車場）に供する構造としないこと。

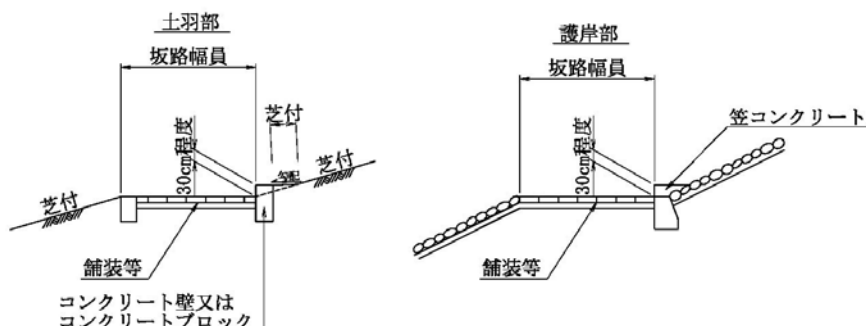


図 2-2-9 坂路構造図

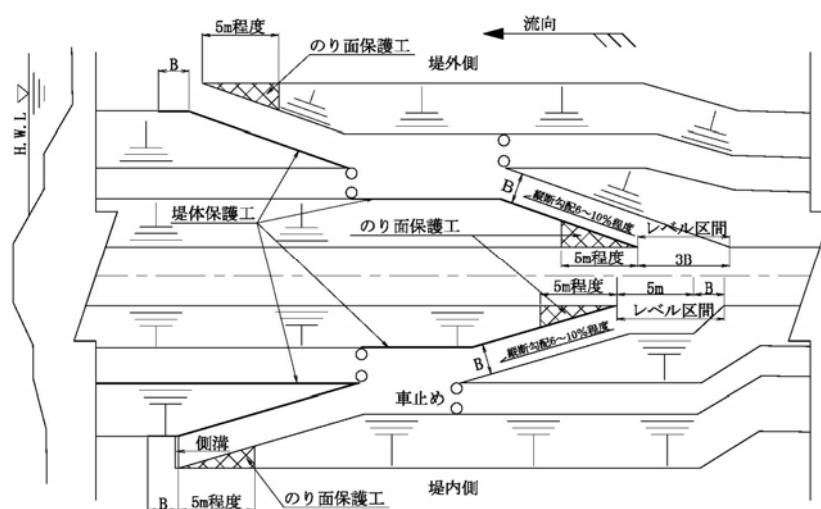


図 2-2-10 坂路の平面形状

(3) 階段

階段の設置は以下の事柄を考慮して設置するものとする。

- ① 階段は必要に応じ川表、川裏に設置するものとする。
- ② 環境整備地区や河川敷利用者の多いところでは、地形の状況や地域の意向を踏まえ、構造等について特に配慮するものとする。なお、バリアフリー化を図る場合には、幅員構成、勾配と蹴上げ高さの関係、手すりの設置等を考慮するものとする。

③ 設置位置

川表に設ける場合は、計画堤防ののり面、または現状堤防ののり面に沿って設けるものとし、川裏に設ける場合には、計画断面外ののり面に設けることを原則とする。ただし、現地の状況等によりやむを得ない場合にはこの限りでない。

④ 土羽堤防の保護

設置場所が土羽堤防の場合の川表にあつては、乱流等によりのり面洗掘がおこらないように施設の両端から 1.0m 以上の範囲において、のり面保護を行うことを原則とする。また、川裏にあつては、自転車運搬等で施設の両端部ののり面が損傷をまねくおそれがあり、川表と同様な範囲で保護工を施すものとする。

⑤ 階段の幅員 W は、2m 以上とする。

- ⑥ なお、覆土等を行う河岸における階段では、周辺の環境や景観に配慮して、間伐材等を使用すること等も考慮すること。

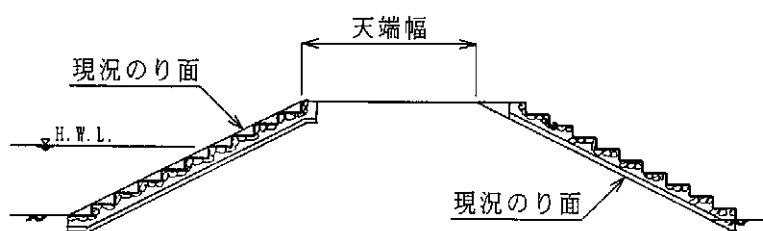
出典：〔③④〕

改訂解説・工作物設置

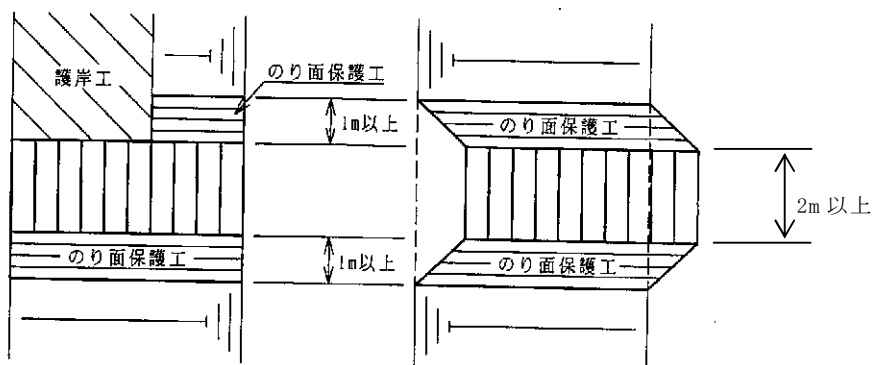
許可基準 第三十二

(H10.11)P89

一部加筆



(a) 断面形状



(b) 平面形状

図 2-2-11 階段の形状

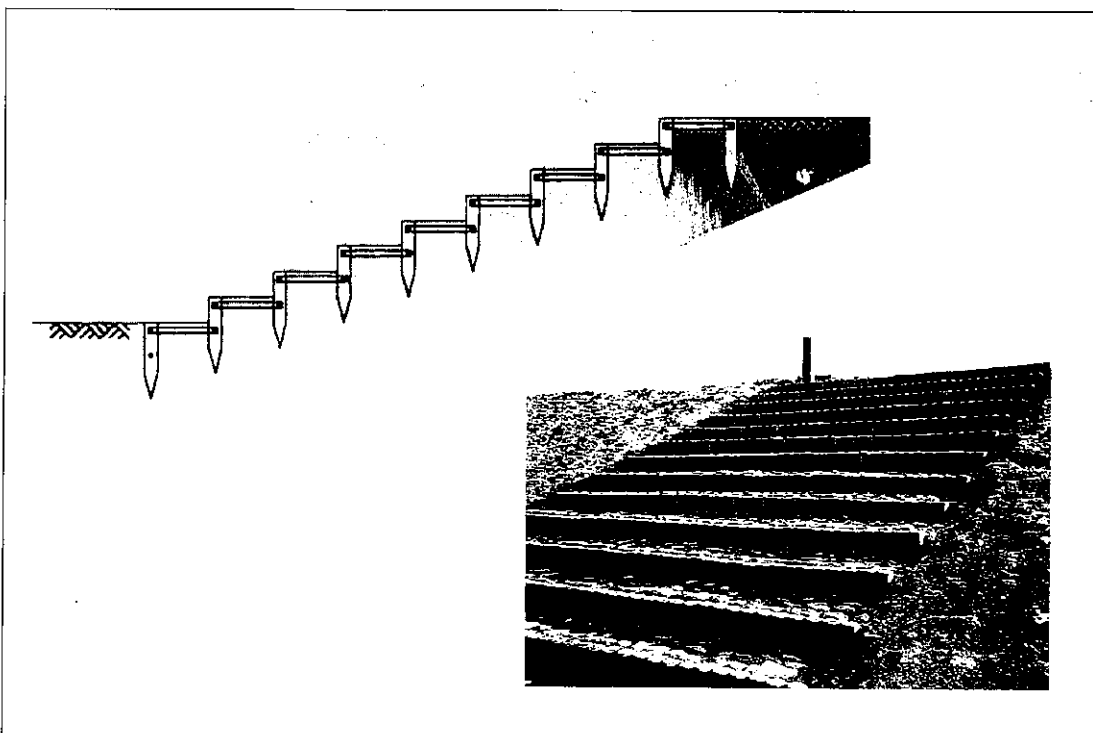
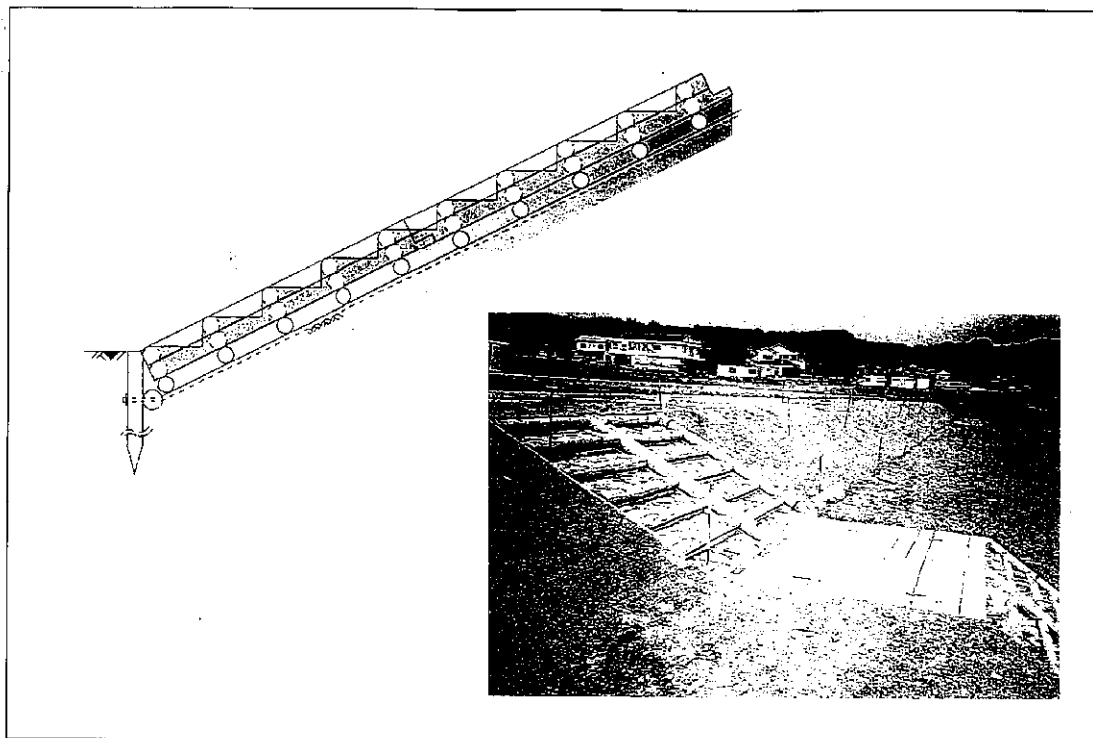


図 2-2-12 間伐材を利用した階段の例

(4) 境界明示

官民境界を明確にするために、必要に応じて境界杭等を設置し、境界明示するものとする。

3. 堤防の安全性に対する設計

3-1 堤防設計の必要性

新設堤防ならびに既設堤防について安全性を照査し、所要の安全率を有していない区間については積極的に強化整備を推進するものとする。

我が国の主要な盛土構造物は、構造物の安全性に対して力学的設計法を採用している。また、諸外国の河川堤防においても、最低限度確保すべき断面形状を定めているものの、外力に対して確保すべき安全性を定め力学的設計を実施している。

河川堤防の強化整備においては氾濫域に人口資産の集積が著しいこと、現存する堤防延長が長大であることを考慮すると、既存ストックの有効活用、機能の維持および危機管理の観点からの事業推進が重要と考えられる。つまり、今後は、新設堤防は勿論のこと既設の堤防についても安全性を照査し、所要の安全性を確保できていない区間については積極的に堤防の強化整備を推進することが効率的である。この結果、形状主義に基づいて築造された河川堤防の弱点箇所を無くし、強度的に均質で信頼性の高い堤防強化を進めることが可能となる。

そのためには、基礎地盤および堤体の内部構造および土質状況等を把握するための調査を実施するとともに、これらの成果を活用した水理的、力学的設計法を開発することが必要である。

3-2 堤防設計の手順

堤防設計は、堤防に求められる機能（浸透、侵食、地震および構造物周辺）に対する安全性の照査を行うものとする。ただし、越水に対する安全性の照査については、各河川で必要に応じて検討するものとする。

堤防設計の手順は、図 2-3-1 に示すとおりであり、初めに堤防断面を設定し、堤防に求められる機能（浸透、侵食、地震および構造物周辺）に対する安全性の照査を行うものである。

堤防の機能維持の考え方として、洪水および地震に対する堤防の信頼性を高めるために、堤防の保持する個々の機能に着目したモニタリングが不可欠である。モニタリングにより機能の低下や喪失が認められた場合には、直ちにその再生を図ることは無論のことであるが、必要に応じ堤防の構造、部材の見直しや設計法そのものについて妥当性を検証することも必要である。

なお、堤防の安全性の点検、評価や設計法等に、堤防の計画、調査、設計、施工、災害、モニタリング等に関するデータをフィードバックし、より信頼性の高い堤防の整備に活かしていくことを目的として、共有可能なデータベースとして整備することも重要である。

出典：

河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）

参考 1（H24.2）P159

一部加筆

出典：[図 2-3-1]
河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）
参考 1 図 1（H24.2）
P160

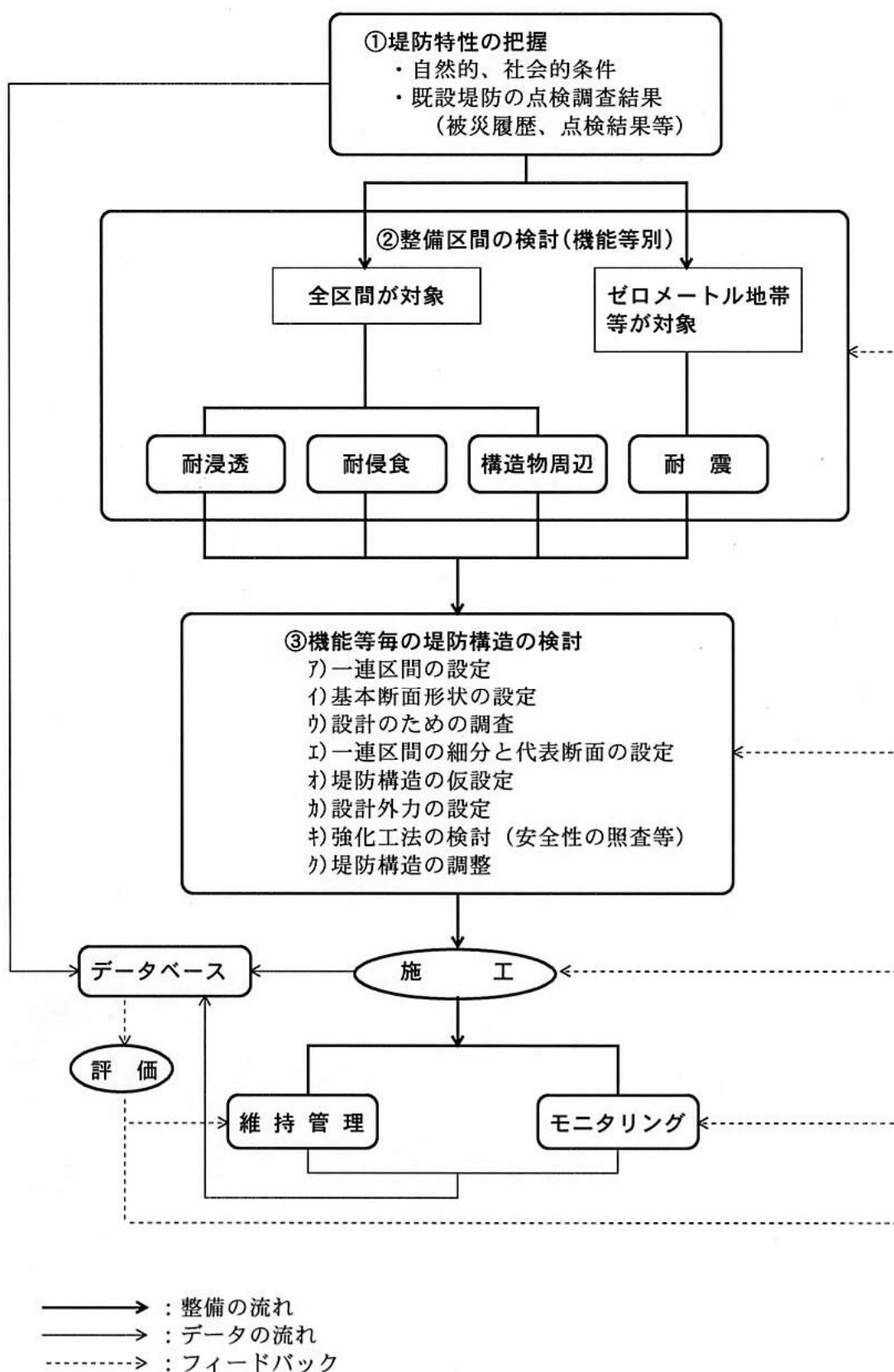


図 2-3-1 堤防設計の手順

3-3 堤防設計外力

河川堤防の設計における機能別外力の考え方は、次のとおりである。

- ① 耐浸透機能 計画高水位
- ② 耐侵食機能 計画高水位時の堤防近傍流速
- ③ 耐震機能 地震力（二次被害想定時の河川水位は平水位）

(1) 耐浸透、耐侵食設計の外力

河川堤防は構造令において、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して、十分安全となるよう構造の最低水準を定めていることから設計水位は、計画高水位とする。

(2) 耐震設計の外力

堤内地の地盤高が常時の河川水位よりも低い、いわゆるゼロメートル地帯等では、地震による堤防の変形（沈下等）に起因する浸水等による二次災害を防御する観点から地震現象を想定する。

地震外力として、液状化の判定に用いる地震力および慣性力として作用させる地震力、ともに震度（設計震度）により設定することを標準とする。

3-4 機能毎の設計方法

3-4-1 浸透に対する安全性の照査

浸透に対する安全性を照査する場合には、堤防前面の河岸（高水敷）の状況、堤防付近の洪水流の水利条件、護岸・水制等の計画等を考慮して実施するものとする。

(1) 浸透に対する堤防の設計方針

河川堤防の浸透に対する安全性等を確保するために設定すべき目標水準（安全率等）は、フィルダムや防災調整地の目標水準をベースに基礎地盤や堤体構造・材料の複雑さ（不確定さ）を加えて設定する必要がある。

洪水特性および土質に関する調査を行ったうえで、一連区間を細分し、細分区間毎に代表断面を1断面以上選定する。そして、この代表断面について断面形状を設定して安全性を照査し、照査の基準を満足しない場合には、強化設計を実施する。

浸透に対する堤防設計の手順は、図 2-3-2 に示すとおりである。

出典：[3-4-1]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

2.3.2(H9.10)P15

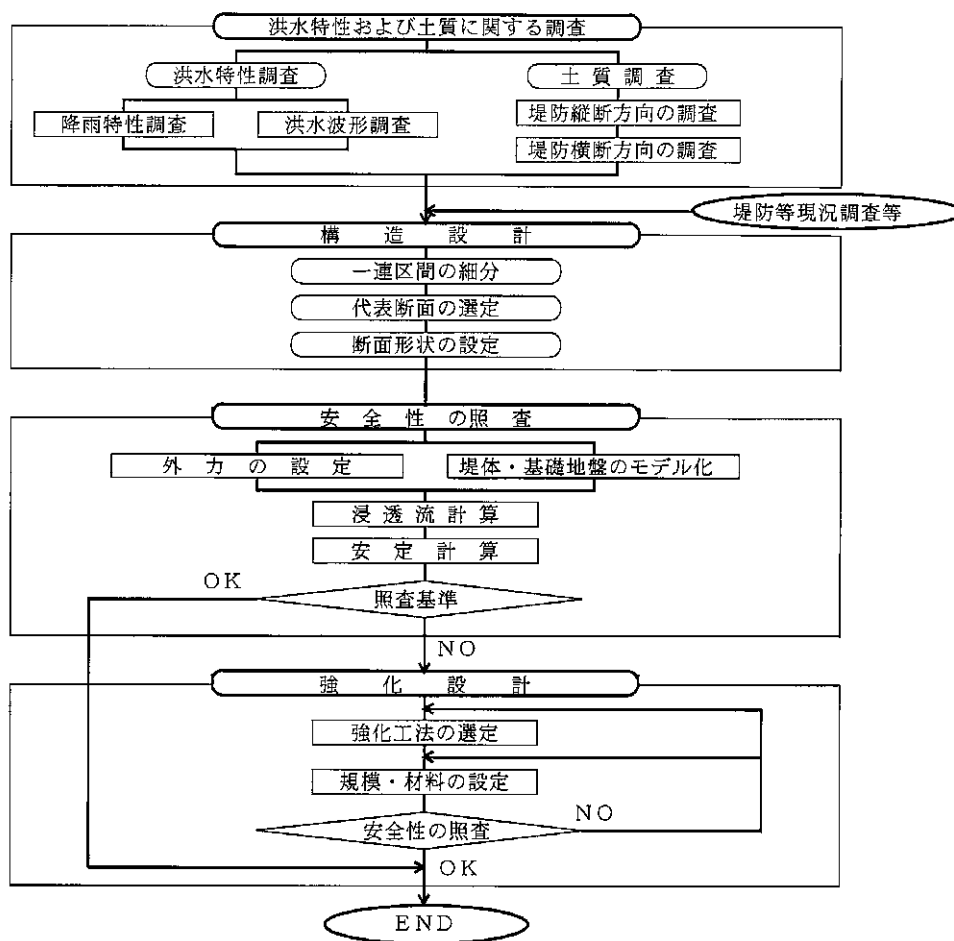


図 2-3-2 浸透に対する堤防設計の手順

(2) 浸透に対する堤防の設計外力

a. 初期条件

浸透に対する安全性照査では、初期条件として事前降雨量および初期地下水位を設定する。ここでは出水時期の地下水位を原則として計算によって再現することとし、そのために適切な降雨量（これを事前降雨量と呼ぶ）および初期地下水位を初期条件として設定する。

b. 外力の設定

浸透に対する安全性照査では外力として洪水時の降雨波形、河川水位波形を設定する。

表 2-3-1 降雨等外力の考え方

	降 雨		河 川 水 位
	総 降 雨 量	雨量強度	
初 期	梅雨時期の月平均降水量の平年値程度	1mm/hr程度	平 水 位 程 度
洪水時	計 画 降 雨 量	10mm/hr程度	複数の計画降水波形をもとに所定の方法で求めた台形の水位波形で計画堤防高相当水位をピーク水位とする波形

出典：〔2〕

河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）2
（H24.2）P59
一部加筆

出典：〔表 2-3-1〕

河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）
表 4.3.4（H24.2）
P65

(3) 浸透に対する堤防の照査方法

浸透に対する堤防の照査方法は、堤体の浸透破壊(すべり破壊)と、基礎地盤の浸透破壊(パイピング破壊)による。

a. 堤体の浸透破壊に対する照査方法

(a) 照査の方法

堤体の浸透破壊に対する堤防の安全性照査の方法は、非定常浸透流計算および全応力法を用いた円弧すべり法による安定計算によるものとする。

(b) 照査の基準

堤体の浸透破壊に対する照査方法は、洪水時のすべり破壊に対する安全率を求め、それを割り増すことによって堤防の土質調査の調査密度に対して現堤防が抱えている土質の不確定さをもって表すものとする考えを導入している。

なお、新設堤防については、堤体材料の土質やその工学的性質が明らかなこと、十分な施工管理のもとで築堤されることを考慮し、安全率の基準値の割り増しは行わないこととした。

(裏のりのすべり破壊に対する安全性)

$$F_s \geq 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2 \quad (\text{小数点以下2位以下切り捨て})$$

F_s : すべり破壊に対する安全性

α_1 : 築堤履歴の複雑さに対する割り増し係数

複雑な場合

$$\alpha_1 = 1.2$$

単純な場合

$$\alpha_1 = 1.1$$

新設堤防の場合

$$\alpha_1 = 1.0$$

α_2 : 基礎地盤の複雑さに対する割り増し係数

被災履歴あるいは要注意地形がある場合

$$\alpha_2 = 1.1$$

被災履歴あるいは要注意地形がない場合

$$\alpha_2 = 1.0$$

(表のりのすべり破壊に対する安全性)

$$F_s \geq 1.0$$

出典: [(3)]

河川堤防の構造検討
の手引き (改訂版)
4.3.2 1) (H24.2)
P46 一部加筆

出典: [(a)]

河川堤防の構造検討
の手引き (改訂版)
4.3.3 (H24.2) P47
一部加筆

出典: [(b)]

河川堤防の構造検討
の手引き (改訂版)
表 4.2.1 (H24.2)
P47 一部加筆

b. 基礎地盤の浸透破壊に対する照査方法

(a) 照査の方法

基礎地盤の浸透破壊に対する照査の方法としては、透水性地盤で被覆土層が無い場合と透水性地盤で被覆土層がある場合に分けられる。

被覆土層が無い場合は、パイピングに対する安全性の照査基準として、限界動水勾配にもとづくものや、限界流速にもとづく方法であるが、公表されている限界流速には大きな差異がある。また、一般には過大とされている。ここでは限界動水勾配にもとづいてパイピングに対する安全性を照査することとする。

パイピングに対する安全性は、基本的には粘着力 C を有さない砂質土あるいは礫質土で、このような土における限界動水勾配 I_c によって評価することができる。

また、被覆土層がある場合は、裏のり尻近傍の基礎地盤が砂質土、礫質土で構成されるような透水性地盤で、かつその上位を粘性土が被覆する場合には、基底面に作用する揚圧力 W によって被覆土層が破壊することがあり、このような場合には被覆土層(粘性土)の重量 G と被覆土層(粘性土)の基底面に作用する揚圧力 W を比較することによって安全性を照査する。

(b) 照査の基準

- ① 被覆土層がない場合：裏のり尻近傍の基礎地盤の局所動水勾配の最大値 $I_c < 0.5$
- ② 被覆土層がある場合： $I_c > 0.5$ の場合であっても $G/W > 1.0$ であれば安全とする。

ここで、 G ：被覆土層の重量、 W ：被覆土層基底面に作用する揚圧力

注) 土質力学では一般的に $I_c > 1.0$ で不安定になるとされているが、宇野や河上によるとパイピング状態の動水勾配を計測した結果 $0.33 < I_c \leq 0.54$ の範囲にあったという報告がなされている。

出典：[(b)]

河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）

表 4.2.1 (H24.2)

P47 一部加筆

(4) 強化工法の設計

浸透に対して所要の安全性を満たしていない区間については、浸透に対する堤防強化工法の設計を行い、所要の安全性を確保する必要がある。

河川堤防の浸透による被害のメカニズムを考えると、堤防の浸透に対する堤防強化を図る基本的な考え方は次のとおりである。

- ① 堤体にはせん断強さの大きい材料を使用する（堤体のせん断強さを増す）
- ② 堤体内に浸透した水（降雨および河川水）を速やかに排水する
- ③ 堤体および基礎地盤の動水勾配を小さくする（特に裏のり尻付近）
- ④ 堤体内に降雨および河川水を入れない（降雨および河川水の浸透を抑制、防止する）

浸透に対する堤防強化にあたっては、以上の考え方を基本に、洪水の特性、築堤の履歴、土質特性、背後地の土地利用状況、効果の確実性、経済性および維持管理等を考慮して適切な工法を選定し、決定する必要がある。

詳細については、「河川堤防の構造検討の手引き」を参照されたいが、代表的な堤防強化工法を表 2-3-2 に示す。

また、堤防強化工法の設計にあたっては、以下に示す「堤防強化対策工法決定に有効活用できるチェック手順書（案）（詳細点検結果チェックシート）平成 22 年 10 月 近畿地方整備局河川部河川工事課」により、詳細点検結果をチェックし、一定の評価精度を確認した上で堤防強化詳細設計を実施すること。

【チェックシート作成の目的】

- ① 対策工発注前の詳細設計時に詳細点検結果の再チェックを行い、詳細点検結果の精度向上を図る。
- ② 詳細点検の精度を向上させることにより適切な対策工の規模が設定でき、コスト縮減と対策工実施の進捗に寄与する。

詳細設計では、詳細点検で設定された検討モデルや物性値にもとづいて対策工の工法や規模を決定することが多いため、最適な対策工法を設計するためには、詳細点検が適切に行われていることが必要である。そこで、詳細設計の実施時に、本チェックシートにより詳細点検結果をチェックし、一定の評価精度を確認した上で詳細設計を実施するものである。

チェックシートは、「河川堤防の構造検討の手引き」に示される検討手順にしたがった構成となっており、検討モデルの作成から安全性照査までを網羅した内容となっている。また、手順書では、チェックシートにおけるチェック項目についてチェックの方法や着目点を示しており、各段階での要点が理解しやすくなるよう配慮している。

また、本チェックシートは、近畿地方整備局管内において実施された詳細点検の事例を整理・評価し、詳細点検を行う上での課題を整理した結果を踏まえて作成しており、詳細点検や対策工設計におけるチェック項目を具体的に示している。チェック項目には指針等に記載されていない項目を含む内容となっているが、細部については各河川の特性を踏まえて適切に運用されることが望まれる。合わせて、チェックの結果により追加調査等を行い、再評価を行うことが適当であると判断された場合には、トータルコスト縮減の観点から「調査」に戻って再検討を行うなど、適切な対策工設計の実施を考慮した対応が求められる。

出典：〔(4)〕

河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）
4.4.1（H24.2）P69

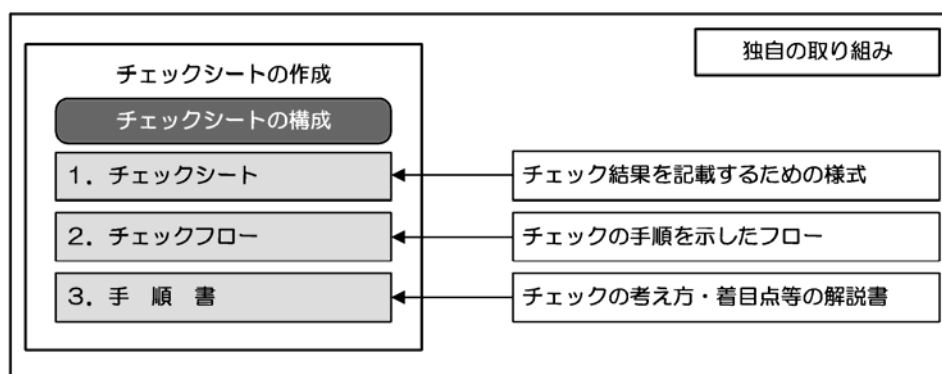
出典：〔(4)〕

堤防強化対策工法決定に有効活用できる
チェック手順書（案）
（詳細点検結果チェックシート）（H22.10）

【チェックシート作成の背景】

- 対策工の詳細設計では、詳細点検で設定された検討モデルや物性値に基づいて工法や規模を決定していることが多く、最適な対策工を設計するためには、詳細点検が適切に行われていることが必要である。
- 概略点検結果と詳細点検結果の整合がとれていないケース（概略評価AランクでNG，概略評価DランクでOK）がみられ、詳細点検の精度に問題を含んでいる可能性がある。

【チェックシートの構成】



《チェック手順》

- ① チェックフローに沿って項目毎に順番に確認する。
- ② 確認事項をチェックシートに書き込む。
- ③ チェックフローにより不適合等となった場合はフローの指示に従う。
- ④ 指示された手順書ページに移動しチェックポイント等の詳細を把握し内容を確認する。

表 2-3-2 浸透に対する堤防強化工法とその特性

[illegible]

出典:[表 2-3-2]

河川堤防の構造検討
の手引き（改訂版）

表 4.4.2 (H24.2)

P72

3-4-2 侵食に対する安全性の照査

河川堤防は、流水の侵食作用に対し、安全な構造となるように設計する。

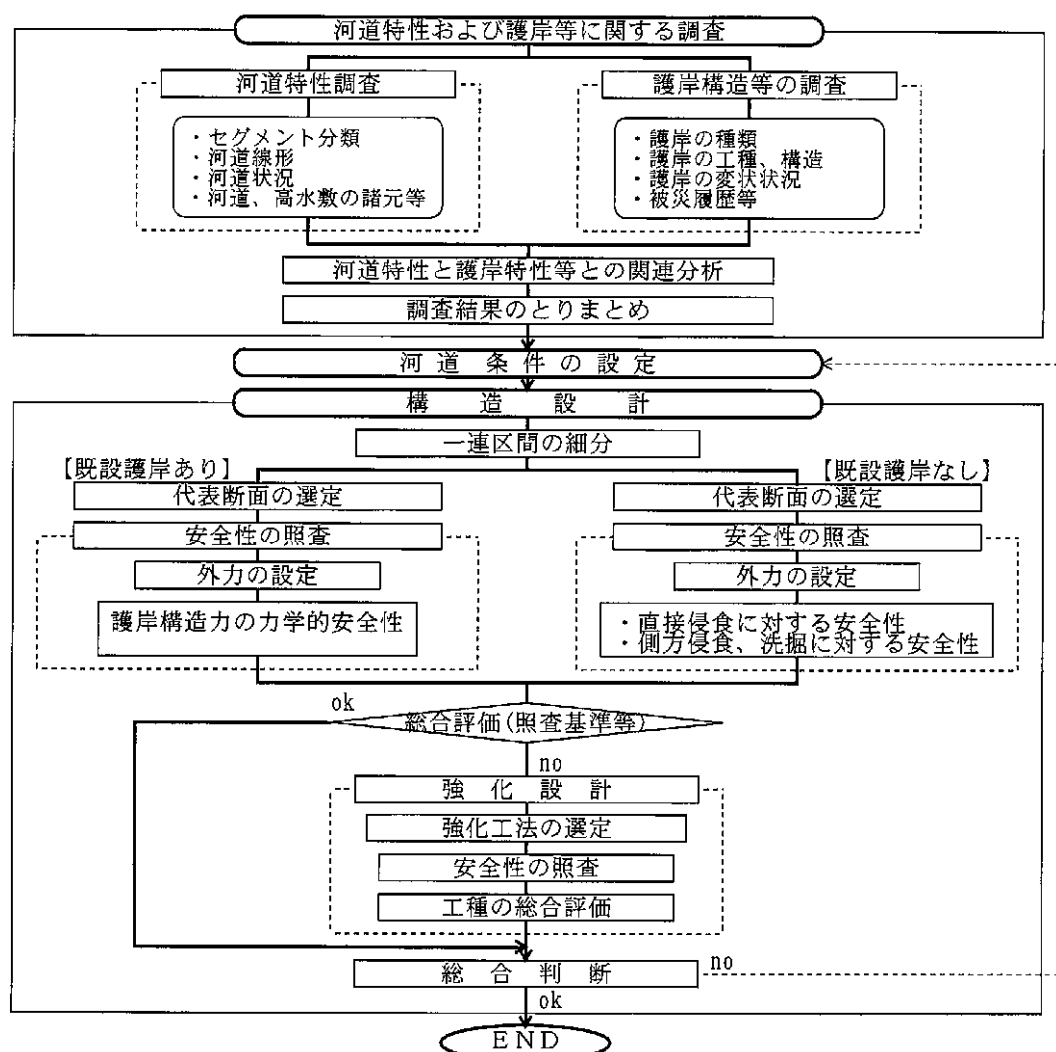


図 2-3-3 侵食に対する堤防設計の手順

(1) 侵食に対する堤防の設計方針

流水の侵食に対する堤防の安全性は、河道の形状(平面および縦横断形状)、堤防前面の河岸(高水敷)の状況、堤防近傍の洪水流の水利条件、現在の河岸あるいは堤防本体を防護する構造物の種別、堤防の土質条件等に関係する。

本来、侵食に対する堤防の設計にあたっては、洪水時の堤防近傍の流水によるせん断力を外力とし、耐力として堤防を被覆する植生の耐侵食力を評価する。

また、既に護岸等で防護されている堤防については、護岸工の力学的な安定性を照査し、侵食に対する安全性が確保されているか否かを判断する。ここで侵食に対する防護が必要と評価されれば、あるいは既設の護岸等の安定性に問題があると評価されれば、護岸等の直接的な対策だけではなく、河道形状の見直し等を含めて、対象区間の河川の特性に適した防護方策を総合的に検討し、護岸工による防護が必要と認められた場合には、侵食に対して所要の安全性を確保できるような工種や構造等を検討する。

(2) 侵食に対する堤防の設計

a. 河道特性に関する整理

(a) 河道平面形状

河道平面形状については、大別して直線部と湾曲部に分けることができる。湾曲部においては、堤防法線の湾曲半径 r と川幅 B の比で整理を行うものとする。

$r/B > 5$ のとき 直線部

(b) 河道横断面形状

河道断面形状については、大別して単断面河道と複断面河道に分けることができる。

$b/Hd < 3$ のとき単断面河道

ここで、 b ：高水敷幅、 Hd ：堤防のり尻部の水深

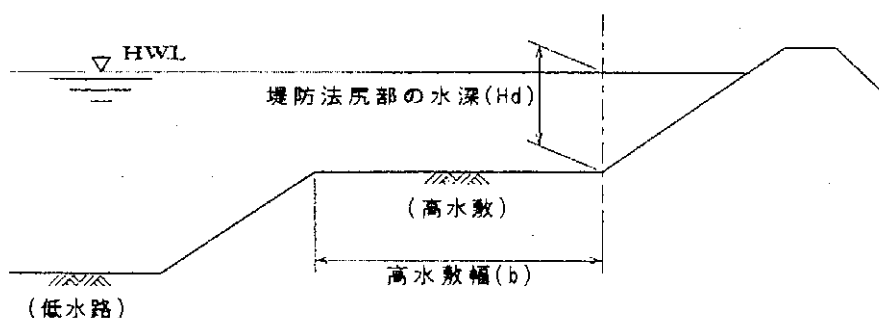


図 2-3-4 河道横断面形状の判定概念図

(c) 代表流速と設計水深の考え方

河道の断面形状は単断面と複断面河道を想定しているが、これらの河岸を防護するに当たっては、単断面河道については低水護岸、複断面河道については、十分な広さを待った高水敷が整備されている場合には高水敷と高水護岸、高水敷の広さが不十分な場合には低水護岸と高水敷と高水護岸をもって河岸の防護を行うものとする。

低水護岸・堤防護岸と高水護岸の照査に当たり、代表流速と水深の考え方は 図 2-3-5 に示すとおりである。

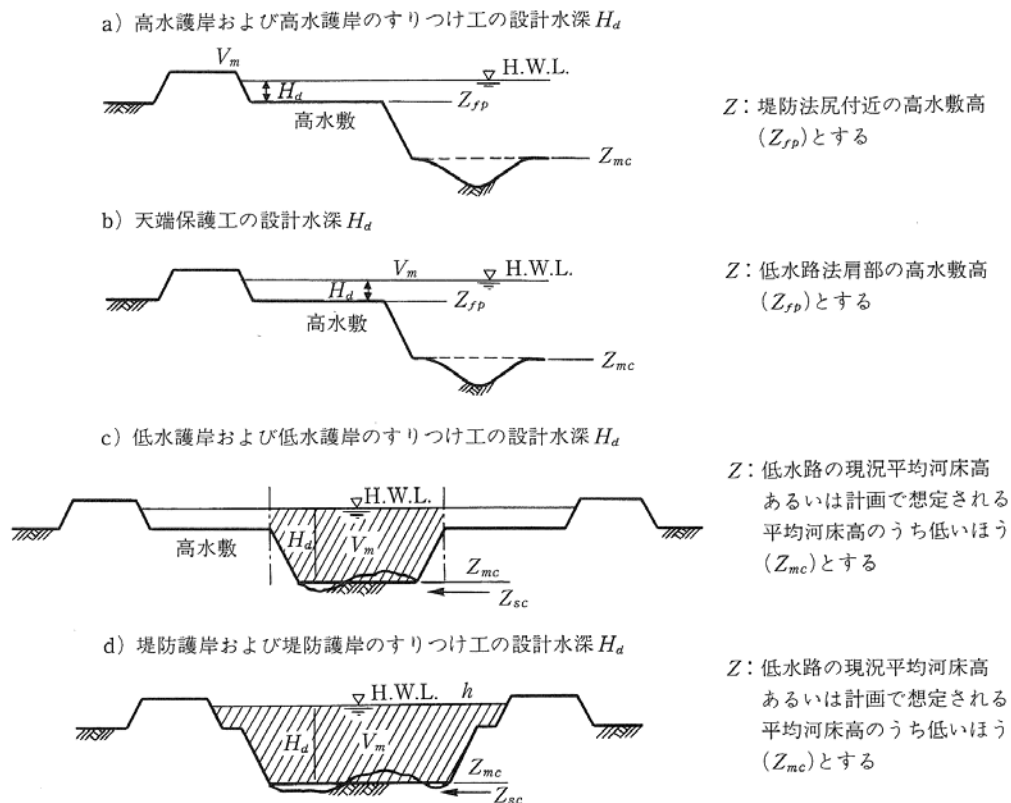


図 2-3-5 低水護岸・堤防護岸と高水護岸の代表流速と水深の考え方

b. 外力の設定

既設護岸の安全性の照査にあたっては、外力として以下の値を設定する。

(a) 天端高相当水位の代表流速

選定した断面について、代表断面の特性を反映させるために、マンシングの流速公式により平均流速を求めるものとする。

なお、床止め付近や急縮部等の特殊箇所については、設計水深を用いた流速の算定は行わず、不等流計算結果等によって求められた流速を平均流速とする。

(b) 最深河床高(推定最大洗掘深)

最深河床高(推定最大洗掘深)を評価し、これを外力として設定することにした。

- ① 経年的な河床変動のデータから評価
- ② 既往の研究成果をもとにした評価
- ③ 数値計算による評価
- ④ 移動床模型実験による評価

c. 侵食に対する堤防の評価方法

堤防の侵食に対する防護については、河道の形状(平面ならびに縦横断形状)、堤防前面の河岸(高水敷)の状況、堤防近傍の洪水流の水力条件、現在の河岸あるいは堤防本体を防護する構造物の種類、堤防の土質条件等に関係する。しかし、侵食による堤防破壊のメカニズムは全て解明されているわけではないため、現段階における水理学的・力学的な知見を用いて安全性の照査を行うものとする。

出典:[図 2-3-5]

改訂 護岸の力学設計
法 図 4-3 (H19.11)P37

一部加筆

出典:[(a)]

改訂 護岸の力学設計
法 4-2 2)

(H19.11)P36, 37

一部加筆

出典:[(b)]

改訂 護岸の力学設計
法 4-3 (3)

(H19.11)P51

一部加筆

具体的には、洪水時の堤防近傍の流水によるせん断力を外力とし、耐力として堤防を被覆する植生や構造物を与える。張芝等植生により堤防の保護を行う場合においては、比較的侵食を受けやすい土質で構成された堤防における現場実験結果より、代表流速 $V_0 < 2\text{m/s}$ であれば、植生による耐侵食性が期待できる。

また、代表流速 $V_0 \geq 2\text{m/s}$ の場合は、護岸による堤防の防護が考えられる。一方、護岸の安全性照査においては、のり覆工および基礎工を対象に、設定した外力のもとでの力学的な安定性を照査する。

照査の手順は、代表断面における既設護岸の諸元を設定した上で、のり覆工については構造モデルを選定し、代表流速を外力として控え厚(重量)あるいは石径が不足していないかを照査する。一方、基礎工については最深河床高の評価値(推定最大洗掘深)をもとに、基礎工の天端高やその構造、あるいは根固め工の有無や構造を考慮して安定が確保されているかを照査することとする。

3-4-3 地震に対する安全性の照査

堤防の耐震性能は、地震後においても、耐震性能の照査において考慮する外水位に対して耐震性能照査上の堤防としての機能を保持する性能とする。ここで、耐震性能照査上の堤防としての機能とは、河川の流水の河川外への越流を防止する機能とするものとする。

また、堤防の耐震性能の照査においては、原則として、地震の影響として基礎地盤及び堤体の液状化の影響と広域な地盤沈降を考慮するものとし、耐震性能の照査に用いる地震動としては、原則として、レベル2地震動を考慮する。

液状化に伴う土層の物性の変化を考慮し、堤防の変形を静的に算定できる方法を用いて、地震後の堤防高が耐震性能の照査において考慮する外水位を下回らないことを照査するものとする。

出典:[3-4-3]

河川構造物の耐震性能照査指針・解説

Ⅱ. 堤防編(H24. 2)

P2~5

一部加筆

(1) 地震に対する堤防の設計方針

堤防は、一般に、河川の流水が河川外に流出することを防止するために設けられるものであり、治水上重要な機能を有している。特に、堤内地盤高が外水位よりも低い地域では、地震により被災した堤防を河川の流水が越流した場合、二次的に浸水被害を引き起こす可能性もある。また、盛土による堤防(土堤)については、その構造上、地震に対して損傷をまったく許容しないことは不合理であるとともに、一般に、地震による損傷を受けても短期間での修復が可能である。このような堤防の特性を踏まえて、堤防の種々の機能のうち、地震によりある程度の損傷が生じた場合においても、耐震性能の照査において考慮する外水位に対して河川の流水の河川外への越流を防止するという耐震性能照査上の堤防の機能を保持することを堤防の耐震性能としたものである。

出典:[(1)]

河川構造物の耐震性能照査指針・解説

Ⅱ. 堤防編(H24. 2)

P2~5

一部加筆

(2) 設計外力

レベル1地震動とレベル2地震動の2種類の地震動に対して、堤防に異なる耐震性能を付与することは、現状、十分なデータの蓄積もなく、合理性が認められないこと、また、レベル1地震動とレベル2地震動を受けた場合の堤防の変形、沈下等の損傷状況は異なるものの、修復性には顕著な差異が認められないことによるものである。以上のような理由により、堤防の耐震性能の照査においては、原則として、レベル1地震動とレベル2地震動のうち厳しい結果を与えるレベル2地震動のみを考慮すればよい。

出典：〔(2)〕

河川構造物の耐震性能照査指針・解説

Ⅱ. 堤防編 (H24. 2)

P3

一部加筆

(3) 地震に対する堤防の照査方法

土構造物の地震時挙動や地震による変形に関しては、近年、種々の動的解析法及び静的解析法が提案され、実務に適用されている方法もある。耐震性能の照査にあたっては、外力や各種パラメータの設定も含め、事例や模型実験等により妥当性が検証された手法を用いなければならない。静的照査法については、地盤調査の方法からパラメータ設定方法を含め、標準的な手法として位置づけることのできる十分な検証がされている。

出典：〔(3)〕

河川構造物の耐震性能照査指針・解説

Ⅱ. 堤防編 (H24. 2)

P3～5

一部加筆

基礎地盤の液状化に伴う堤防の変形を簡便かつ精度よく静的に算定する方法としては、液状化の発生による土層の剛性低下を仮定するとともに、土構造物としての自重を作用させ、その変形を有限要素法により算定する方法（有限要素法を用いた自重変形解析法）、液状化した土層をせん断抵抗を有しない粘性流体と仮定し、地盤の流体的な変形を算定する方法（流体力学に基づく永久変形解析法）等を用いることができる。なお、いずれの変形解析方法も地震による堤防の損傷状況を完全に模擬するものではない点に注意が必要である。

基礎地盤の液状化に伴う堤防の変形を算定する方法を堤体の液状化に伴う堤防の変形に対して適用するには、変形メカニズムを十分に解明した上で、さらなる検証が必要であるものの、今次の地震被害から得られた知見を踏まえ、当面、堤体下部における液状化しやすい砂質土の有無や堤体の基礎地盤へのめり込み沈下量及び飽和土層厚により、堤体の液状化による大規模な変形が生じる可能性があるか照査することとする。

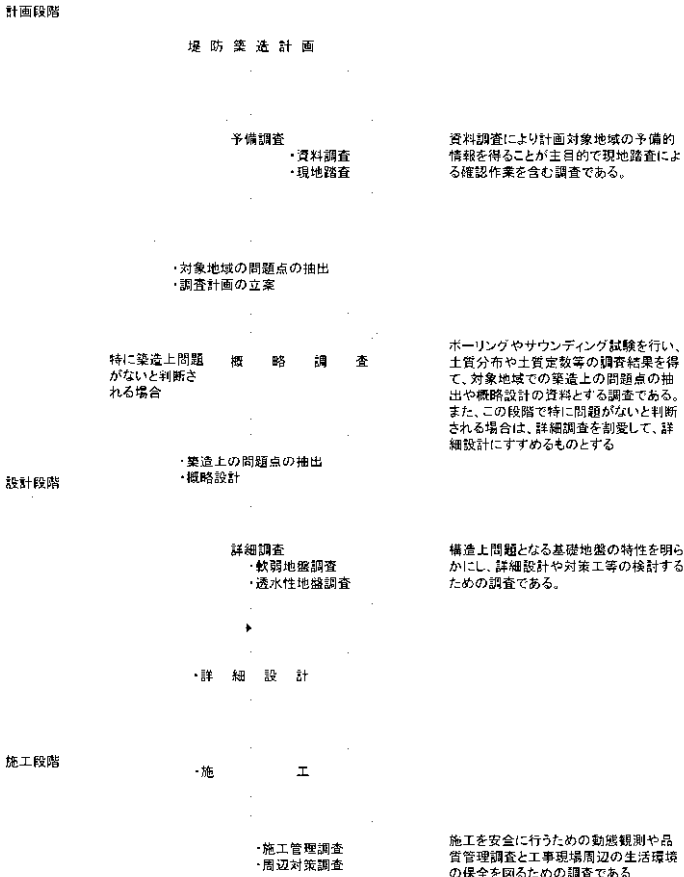
なお、詳細については「河川構造物の耐震性能照査指針・解説-Ⅱ. 堤防編-」および「河川構造物の耐震性能照査において考慮する河川における平常時の最高水位の算定の手引き(案)」、「レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル平成23年12月国土交通省水管理・国土保全局治水課」、「河川堤防の耐震対策マニュアル（暫定版）平成23年12月国土交通省水管理・国土保全局治水課」を参照されたい。

3-5 基礎地盤に対する調査、検討

堤防の設計にあたっては、築堤の計画・設計・施工に際し、対象地域の基礎地盤の土質、地盤状況を的確に把握することは極めて重要で、安全かつ経済的に施工するための必要条件であり、適切かつ効率的に必要な土質情報が得られるように調査を実施して、設計するものとする。

出典：[3-5]
河川土工マニュアル
(H21.4)P5
一部加筆

築堤工事においては、基礎地盤の土質、地盤状況の十分な調査が行われなかったために工事に支障をきたしたり、新しく築造した堤防の機能が短期間のうちに損なわれたような事例も少なくない。また、調査を進めていく中で、事業計画が大幅に変更されるような場合を生ずることもあるので、そのためには、計画・設計・施工の各段階で必要と考えられる情報を得ることが必要で、図 2-3-6 に示すように段階的に調査を進めることが重要である。



出典：[図 2-3-6]
河川土工マニュアル
図 2.1.1 (H21.4)P6

図 2-3-6 基礎地盤調査の一般的な流れ

堤防下の基礎地盤が堤防に悪影響を与える現象は、地盤の浸透と圧密沈下である。基礎地盤の透水性がよければ高水時の浸透流によって、地下水が堤体内に上昇しやすく、裏のり尻付近に漏水やガマが発生しやすい。また、地盤が軟弱な場合には、基礎地盤の破壊や圧密沈下を生じ、堤防に悪影響を与える。

出典：[3-5]
河川土工マニュアル
(H21.4)P59
一部加筆

- ① 河川から地盤に流入する水を遮断もしくは減少させ、透水層の水圧上昇を防ぎ、堤体内浸潤面上昇をおさえる。
- ② 河川から地盤に流入する水が流路長を増大させることにより、地盤の透水層の水圧上昇を防ぎ、堤体内浸潤面上昇を抑える。
- ③ 地盤に浸透した水を速やかに排出し、裏のりの浸潤面上昇を起りにくくするため、地盤や堤体に排水構造を設ける。

軟弱地盤では、基礎地盤の支持力不足によるすべり破壊、基礎地盤の圧縮性が大きいために生ずる過大な沈下等の問題が生じ、これに対する対策が必要となる。軟弱地盤に対する対策工法には数多くあるが、選定にあたっては、目的、地盤条件、堤防条件、施工条件、周辺環境条件ならびに経済性等を十分に考慮し、現場の諸条件に適合した妥当な工法を選定する必要がある。

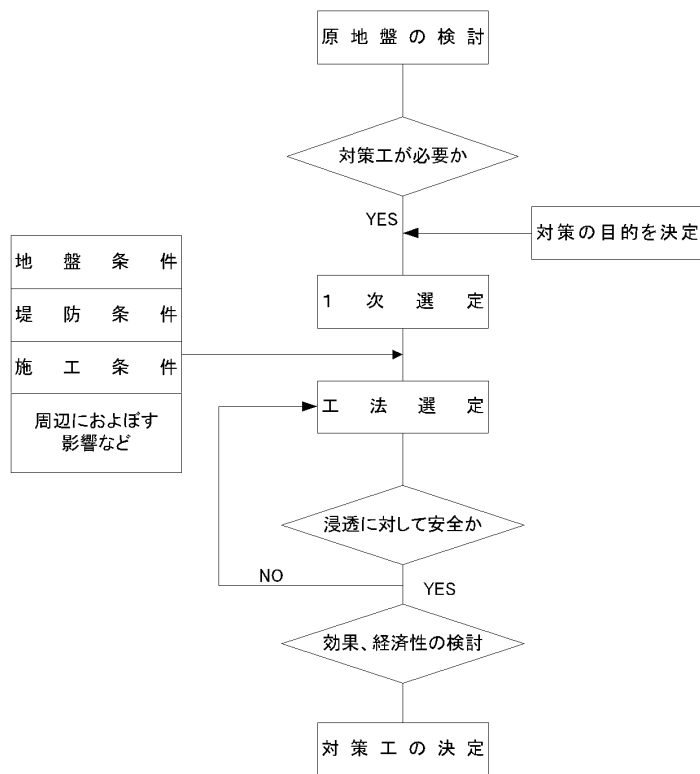


図 2-3-7 軟弱地盤における対策工の選定手順

軟弱地盤対策工法の目的と効果は下表に示したとおりである。

表 2-3-3 軟弱地盤対策工の目的と効果

対策工の目的	対策工の効果	区分
沈下対策	圧密沈下の促進：地盤の沈下を促進して、有害な残留沈下量を少なくする。	A
	全沈下量の減少：地盤の沈下そのものを少なくする。	B
安定対策	せん断変形の抑制：盛土によって周辺の地盤が膨れ上がり、側方移動したりすることを抑制する。	C
	強度増加の促進：地盤の強度を増加させることによって、安定を図る。	D
	すべり抵抗の増加：盛土形状を変えたり地盤の一部を置き換えることによって、すべり抵抗を増加し安定を図る。	E

このような軟弱地盤対策工法を河川堤防に適用する場合、バーチカルドレーン工法、表層処理工法、サンドコンパクションパイル工法は、盛土下に透水層を作る工法なので、河川水の浸透に対しては好ましくない。やむを得ずこれらの工法を採用する時は、表のり側の基礎地盤の止水を充分に行なう必要がある。

また、石灰等の固結工法は、固結時や盛土荷重の集中によるひびわれ等に対しても十分な検討が必要である。

出典：[図 2-3-7]
河川土工マニュアル
図 3.2.16 (H21.4) P102

出典：[表 2-3-3]
河川土工マニュアル
3.2.5 3) 表 3.2.1
(H21.4) P106

出典：
河川土工マニュアル
3.2.5 3) (H21.4) P106

表 2-3-4 軟弱地盤対策工の種類と効果

(道路土工:軟弱地盤対策工指針 1986 を一部改変)

工法		工法の説明	主効果	二次効果
表層処理工法	敷設材工法	基礎地盤の表面にジオテキスタイル(化学製品の布や網)あるいは鉄鋼などを敷広げたり、基礎地盤の表面や石灰やセメントで処理したり、排水溝を設けて改良したりして、軟弱地盤処理工や盛土工の機械施工を容易にする。	C	D
	表層混合処理工法			
	表層排水工法			E
	サンドマット工法	サンドマットの場合、圧密排水層を形成することが上記の工法と違って、パーチカドレーン工法など、圧密排水に関する工法が採用される場合は併用されるのが普通である。		
置換工法	掘削置換工法	軟弱層の一部または全部を除去し、良質材で置き換える工法である。置き換えによってせん断抵抗が付与されて安全率が増加し、沈下も置き換えた分だけ小さくなる。	E	B C
押え盛土工法	押さえ盛土工法 緩斜面工法	盛土の側方に押え盛土をしたり、のり面勾配をゆるくしたりして、すべりに抵抗するモーメントを増加させて盛土のすべり崩壊を防止する。 盛土の側面が急に高くはならないので、側方流動も小さくなる。 圧密によって強度が増加した後、押え盛土を除去することもある。	E	C
盛土補強工法	盛土補強工法	盛土中に鋼製ネット、帯鋼またはジオテキスタイルなどを設置し、すべり破壊を抑制する。 ただし、水平布設では堤体に浸透路を作るので好ましくない。	E	C
ドレーン工法	サンドドレーン工法 カードボードドレーン工法	地盤中に適当な間隔で鉛直方向に砂柱やカードボードなどを設置し、水平方向の圧密排水距離を短縮し、圧密沈下を促進し、併せて強度増加を図る。 工法としては、砂柱を袋やケーシングで包むもの、カードボードのかわりにロープを使うものなど各種のものが、施工法も鋼管を打込んだり、振動で押込んだり、砂柱を造るものや、ウォータージェットでせん孔して砂柱を造るものなど各種のものがある。	A	C D
サンドコンパクション工法	サンドコンパクションバイル工法	地盤に締固めた砂ぐいを造り、軟弱層を締固めるとともに砂ぐいの支持力によって安定を増し、沈下量を減ずる。施工法として打込みによるもの、振動によるもの、また砂の代りに砕石を使用するものなど各種のものがある。	B E	A C
固結工法	深層混合処理工法	軟弱地盤の地表から、かなりの深さまでの区間を、セメントまたは石灰などの安定剤と原地盤の土を混合し、柱体状または全面的に地盤を改良して強度を増し、沈下およびすべり破壊を抑制する工法である。施工機械には、かくはん翼式と噴射式のものがある。	B E	C
	石灰バイル工法	生石灰で地盤中に柱を造り、その吸水による脱水や化学的結合によって地盤を固結させ、地盤の強度を上げる。ことにより安定を増すと同時に、沈下を減少させる工法である。	B E	C
	薬液注入工法	地盤中に薬液を注入して透水性の減少、あるいは原地盤強度を増大させる工法である。	B E	C
	凍結工法	土中に凍結管と呼ばれる鋼管を設置し、地盤中の間隙水を人工的に凍結させるものである。 仮設工法として用いられることがある。	B E	C

工法		工法の説明	主効果	二次効果
繰返載荷工法	漸増載荷工法 段階載荷工法	盛土の施工に時間をかけてゆっくり立ち上げる。圧密による強度増加が期待できるので、短時間に盛土した場合に安定が保たれない場合でも、安全に盛土できることとなる。盛土の立上りを漸増していくか、一次盛土を休止して地盤の強度が増加してからまた立上げるなどといった載荷のやり方で、名称が分れる。 パーチカドレーンなどの他の工法と併用されることが多い。	C	—
載荷重工法	掘削置換工法	盛土や構造物の計画されている地盤にあらかじめ荷重をかけて沈下を促進した後、あらかじめ計画された構造物を造り、構造物の沈下を軽減させる。積荷重としては盛土が一般的であるが水あるいはウェルポイントで地下水を低下させることによって増加した有効応力を利用する工法などもある。	A	D
構造物工法	矢板工法	盛土側方の地盤に矢板を打設して地盤の側方変位を減じて安定性を高める。それによって周辺地盤の膨れあがりや沈下の影響も少なくなる。	C E	
	くい工法	木ぐいや既製ぐいを利用して沈下、せん断変形の抑制を図るもので、通常はくい間交互を連結して効果を高める。	B C	

A: 圧密沈下の促進: 地盤の沈下を促進して、有害な残留沈下量を少なくする。

B: 全沈下量の減少: 地盤の沈下そのものを少なくする。

C: せん断変形の抑制: 盛土によって周辺の地盤が膨れ上がった、側方移動したりすることを抑制する。

D: 強度増加の促進: 地盤の強度を増加させることによって、安定を図る。

E: すべり抵抗の増加: 盛土形状を変えたり地盤の一部を置き換えることによって、すべり抵抗を増加し安定を図る。

出典: [表 2-3-4]

河川土工マニュアル

表 3.2.2

(H21.4)P107, 108

また、軟弱地盤上の築堤では堤体の安定・変形以外に、隣接構造物への影響がある。そのため、「軟弱地盤上に築堤する際の調査・設計手順書(平成23年3月20日)近畿地方整備局」に準拠した検討も必要である。

出典：[図 2-3-8]
軟弱地盤上に築堤する際の調査・設計手順書 図-2.1 (H23.3)P2

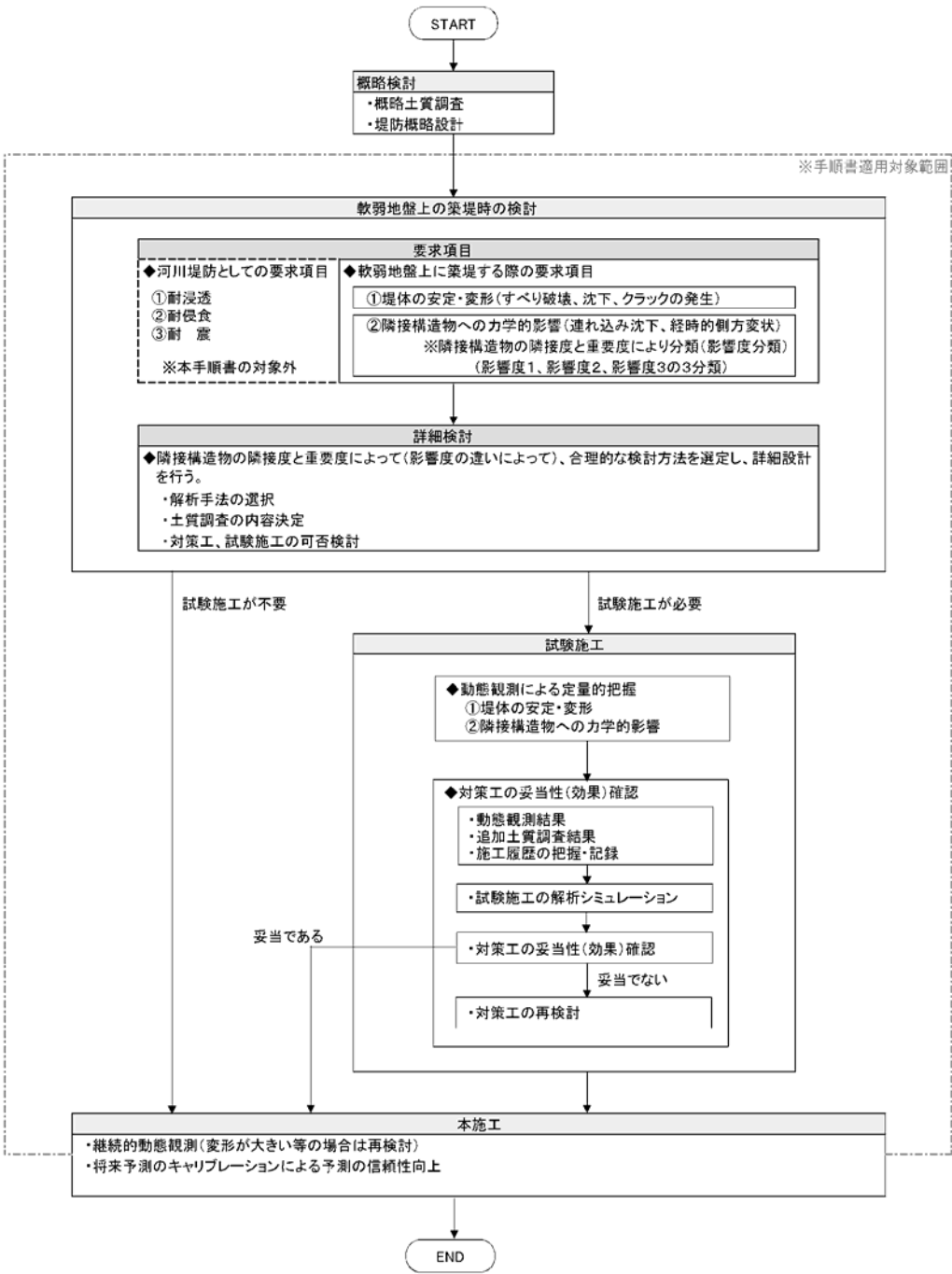


図 2-3-8 軟弱地盤上の築堤における基本的手順

第3節 高規格堤防（標準）

1. 定義

一般にいう堤防は、河川整備計画等によって定められた超過確率における計画高水流量および計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の洪水の流下に対して、安全を確保する機能を有するものである。

これに対して、高規格堤防（スーパー堤防）は、計画以上の超過洪水が発生し堤防上から越水が生じた場合にも破堤しない機能を有した堤防（裏のり勾配が概ね 1/30）であり、遊水地等に設けられる越流堤とは構造的にも異なるものである。

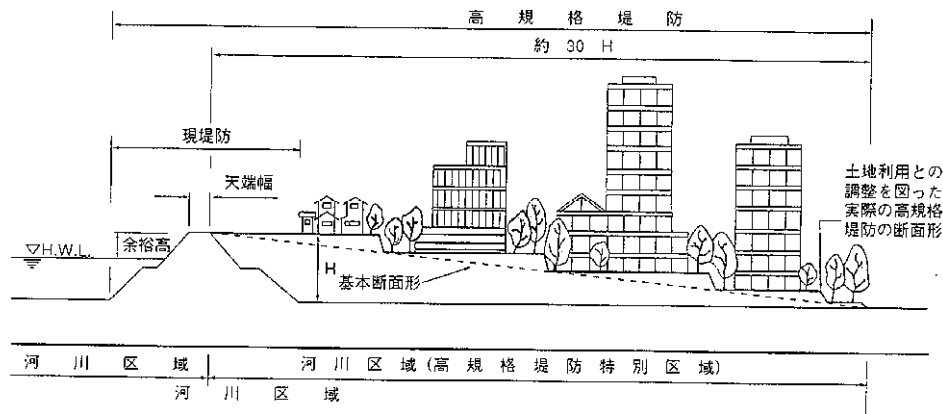


図 3-1-1 高規格堤防（スーパー堤防）の例

表 3-1-1 従来の堤防と高規格堤防の比較

	利 用	土地利用に 対する行為 規制	補 償	堤防築造の担保		維持管理
				整備中	整備後	
従来の堤防 (河川区域)	兼用道路位 しか利用で き ない	原則不許可	土地取得 建物等補償	所 有 権 (収 用)	所 有 権 公用制限	河川管理者
高規格堤防 (特別区域)	通常の土地 利 用	緩い規制 (注 1)	原則、建物等 補償のみ	使用契約 (使 用)	公用制限	平常時 (注 2) 土地所有者

（注 1：高規格堤防としての効用を確保するうえで支障を及ぼすおそれのあるものでない限り許可（一部は許可不要）。（「河川法 第 26 条」参照）

（注 2：高規格堤防の損傷に対しては河川管理者、またはその命じたもの若しくは、その委任を受けたもの。（「河川法 第 22 条の 2」参照）

2. 設計の基本

高規格堤防の設計は、堤防形状、堤防材料とその物性、堤防の地盤、川表側に設けられる護岸、水制その他これらに類する施設を対象とし、高規格堤防特別区域が将来にわたりさまざまな通常の土地利用に供されることを前提として行う。また、高規格堤防の設計においては、高規格堤防特別区域の土地利用に関して、通常行われるであろう一般的土地利用のうち、堤防の破壊にとって予想される最も厳しい土地利用状況を前提にしなければならない。

高規格堤防の設計は、堤防形状、堤防材料とその物性、堤防の地盤、川表側に設けられる護岸その他これらに類する施設を対象とし、高規格堤防特別区域が半永久的に通常の土地利用に供されることを前提として行うものとする。

通常の土地利用とは、一般に行なわれている住宅・ビルの建築や道路・公園の設置、農地としての利用等種々の土地利用をいう。

高規格堤防が永久構造物であり、将来にわたる高規格堤防特別区域の土地利用状況を特定することは不可能であることから、設計においては、当面予想される土地利用状況とは無関係に、設計検討項目ごとに予想される堤防の破壊に対して最も厳しい土地利用状況を想定しなければならない。

2-1 断面および構造

2-1-1 堤防の高さ

高規格堤防の高さは、「構造令 第 20 条」に掲げる計画流量に応じた余裕高を加えた高さとする。

2-1-2 堤防の形状

高規格堤防の基本断面形は、越流水による剪断力、地震時の慣性力等、予想される荷重によって洗掘破壊、すべり破壊、浸透破壊が生じない形状、構造としなければならない。

高規格堤防特別区域の堤防形状決定のための支配的な項目は流水による洗掘破壊である。従って、基本断面形は、この項目を検討することにより概ね決定される。また、高規格堤防特別区域外の川表のり面は、越水時や地震時のすべり破壊に対する検討を行い、断面形を決定することとしている。

一般に、超過洪水によって生ずる越流水深により検討した場合、越流水による洗掘破壊を発生させない堤防の安全な勾配は、概ね 1/30 程度必要である。

2-1-3 高規格堤防の天端幅

高規格堤防の天端幅は、「本章第 2 節土堤」に規定する普通の堤防の天端幅を最低限確保するものとする。

ただし、高規格堤防の機能の確保、河川の巡視、洪水時の水防活動、緊急車両の円滑な通行等を勘案し、普通の堤防の天端幅であってはこれらの機能を十分確保できない場合には、必要な天端幅を適切に設定するものとする。

出典：[2.]

河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
3.1.2(H9.10)P19

出典：[2-1-1]

河川砂防技術基準
同解説 計画編
9.2(H17.11)P150
一部加筆

出典：[2-1-2]

改定解説・河川管理施設等構造令
(H12.1)P107
一部加筆

出典：[2-1-3]

河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
3.1.4(H9.10)P21
一部加筆

高規格堤防は、普通の堤防の機能を包含するものである。普通の堤防の天端は、川表側の部分を構造的に支え、万が一洪水流により護岸の一部が損傷した場合にも、全体の破堤につながることを防止し、浸透水に対する難浸透帯を確保する等のためおよび護岸補修等の河川事業の実施、河川巡視、水防活動上の必要性等を勘案して定められているため、高規格堤防においても、天端幅については、普通の堤防における規定に定められた数値を最低限とするものとする。

しかし、高規格堤防においては、対象とする河道内水位が、計画高水位を越え流水による洗掘力が増大する結果、天端幅が普通の堤防の天端幅のままでは不足し、河川管理上重大な支障を生じる恐れがある。

さらに高規格堤防においては、越水するような事態においても破堤は許されず、堤防上は通常の土地利用に供されるために天端幅の拡大は完成後は不可能であるため、当該地区の重要性、流水による洗掘力の増大、水防活動における技術革新、社会状況の変化に伴い河川空間に期待される役割の増大等を勘案し、天端幅を定めなくてはならない。

出典：[2-1-3]
改定解説・河川管理施設等構造令
(H12.1)P124
一部加筆

2-2 堤体材料

高規格堤防の築造には、高規格堤防の堤体材料として適当な性質をもつものを用いるものとする。

出典：[2-2]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
3.2.1(H9.10)P22
一部加筆

高規格堤防の堤体材料の選定にあたっては、「本章第2節 2-2 堤防材料」の内容に加えて、普通の堤防にはない高規格堤防固有の性質にかかわる次のような点に十分留意しなければならない。

- ① 施工後の堤防の過度の不等沈下は、超過洪水時の越水による荷重を設計値よりも局所的に増大させる恐れがある。また、高規格堤防上の大部分が通常の土地利用に適した条件とならなければならない、施工後の過度な沈下および不等沈下は許されない。したがって、一定以上の高さの確保という観点からだけの施工管理では不十分である。
- ② 一般に、もともと堤内地として利用されていた土地が高規格堤防用地となるので、高規格堤防の施工期間を長くすることは困難である。このため、例えば、施工後の沈下量を抑えるために緩速施工が必要となるような堤体材料および堤防の地盤は適切といえない。
- ③ 農用地としての利用等、高規格堤防特別区域の土地利用形態によっては、堤防表層あるいは堤体の土が特定の性質をもつ必要がある。

以上のことから、高規格堤防の堤体材料には、一般的には、「本章第2節 2-2 堤防材料」に示された選定の目安に準拠するが、堤体の圧縮沈下を極力抑えることや、地盤の地耐力、施工上のトラフィカビリティーの確保を考慮し、コーン指数がある程度以上の材料を選定することが望ましい。

また、将来の土地利用形態に配慮し、盛土材の最大粒径や礫等の混入率についても適切な材料を用いるものとする。ただし、仕上がり面より 1m 未満の範囲には粒径が大きい転石等を含んではならない。さらに、圧縮性の大きい土や凍土、氷雪、草木、切株、その他の各種有害廃棄物を含む土を使用することは避けなければならない。

3. 高規格堤防の設計

3-1 対象水位

高規格堤防設計のための水位として、高規格堤防設計水位、計画高水位、平水位を設定する。

高規格堤防設計水位は、流域の水文特性および河道計画等に基づき定めるものとする。

高規格堤防設計水位の設定は、超過洪水（計画の規模を上回る超過高潮を含む）により発生する河道内の平均的最高水位に基づき行うものとする。

高規格堤防は、超過洪水対策を実施すべき区間として設定された高規格堤防設置区間で、おおよそ発生すると認められる超過洪水時にも破堤しないよう設計する堤防である。このため、計画高水位は計画高水流量を前提としたものであるが、高規格堤防設計水位は超過洪水流量を前提としたものではなく、おおよそ起こりうる河道内の平均的最高水位であり、これを用いて高規格堤防の設計を行うものである。このことから、高規格堤防設計水位は、計画堤防天端高（堤防満杯流）の水位を基礎として、その時にいかなる地点でも発生しうる河床変動等に起因する水位変動による外力に対処できるよう設定することとしている。

また、越水現象は、過去の堤防越水の状況でも報告されているように、堤防天端が上下流方向になめらかな場合には、相当区間平均に薄層で発生すると考えられる。このため、高規格堤防設置区間の多くの区間では、堤防天端高とほぼ近い高さの水位で流下すると想定される。

さらに、こうして定められる高規格堤防設計水位には、山間部から平野部への出口等の非越水区間から越水区間への変化部、大支川の合流部等の多量の越水が生じる区間の現象や、河道形状の影響による現象等が加味されていないので、そうした現象を反映させる必要がある。これは、前述したように、どちらかといえば傾向をつかむためのものであり、実際、降雨条件を変えても、非越水区間から越水区間への変化部等を除き、ほとんどの区間で現象面としては変化がないためのものである。

河道内の最高水位は次のように求める。

- ① 不定流計算および高潮計算
- ② 河床変動等に起因する水位変動の加味
- ③ 高潮に伴う河道内への波浪侵入の考慮

出典：[3-1]

河川砂防技術基準

（案）同解説 設計編 I

3.1.3 (H9.10) P19, 20

一部加筆

3-2 設計荷重

高規格堤防の設計に用いる荷重としては、高規格堤防の自重、河道内の流水による静水圧の力、地震時における高規格堤防およびその地盤の慣性力、間隙圧（高規格堤防およびその地盤の内部の浸透水による水圧）の力、越流水によるせん断力、河道内流水によるせん断力等を考慮する。

設計においては、取り扱う破壊形態・機構の種類に応じて、採用する荷重の組み合わせを設定し、適切な河道内水位を想定して設計荷重を与える。

出典：[3-2]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.1 (H9.10)P24

高規格堤防に作用する荷重としては、ダムや普通の堤防と同様に、堤防の自重、静水圧の力、地震時における慣性力に加え、高規格堤防の特質である越流水による洗掘破壊に対する安定性において検討すべき越流水によるせん断力等がある。

a. 高規格堤防の自重

高規格堤防の自重は、高規格堤防の材料の単位体積重量を基礎として計算するものとし、単位体積重量は、原則として、実際に使用する材料について試験を行い、その結果に基づいて決定するものとする。

b. 地震時慣性力

地震時における高規格堤防の堤体の慣性力は、堤体に水平に作用するものとし、堤体の自重に設計水平震度を乗じて求めるものとする。

c. 間隙圧

間隙圧は、浸透流による間隙水圧と土質材料を構成する土粒子骨格の変形によって生じる圧力であり、間隙圧が発生すると、その分すべり破壊におけるすべり面の摩擦抵抗が減ぜられることになる。

d. 越流水によるせん断力

高規格堤防上に越流水が流下した場合、流水との接触面に水平にせん断力が働く。このせん断力が一定以上になると堤体表面が浸食され、洗掘を受けることとなる。

高規格堤防の破壊形態、破壊機構、想定する河道内水位および採用する荷重の組合わせを表 3-3-1 に示す。

表 3-3-1 想定する河道内水位と荷重

堤防破壊形態	堤防破壊機構	設計において想定する河道内水位	採用する荷重
川表側からの洗掘破壊	河道内の流水による堤防の川表側の洗掘	高規格堤防水位、計画高水位、平水位、水位低下時	河道内の流水によるせん断力
越流水による洗掘破壊	越流水による堤防の川裏側の洗掘	高規格堤防設計水位	τ
すべり破壊	水の浸透による間隙圧の変化による堤防および地盤のすべり	高規格堤防設計水位、計画高水位、平水位、水位低下時	W, P, P _p
	地震時慣性力に伴う不安定化による堤防および地盤のすべり	計画高水位、平水位、水位低下時（計画高水位以下）	W, P, P _p , I
浸透破壊	浸透水の堤防裏面からの流出に伴う堤防の侵食（浸透水侵食破壊）	高規格堤防設計水位、計画高水位、平水位、水位低下時	P, P _p
	浸透水によるパイプ状の地盤土砂流出路形成・発達（パイピング破壊）		
液状化破壊	地震時慣性力の作用により地盤が液状になることに伴う堤防沈下・変形等の発生	計画高水位、平水位	W, P, I 発生に伴う P _p

注 1) 「水位低下時」とは、河道内の水位が高規格堤防設計水位以下で、かつ、水位が急速に低下する場合である。

ただし「(計画高水位以下)」とある場合は、計画高水位以下での水位低下に限定する。

注 2) 荷重の記号の説明は、次のとおりである。

W : 高規格堤防の自重

P : 河道内の流水による静水圧の力

I : 地震時における高規格堤防およびその地盤の慣性力

P_p : 間隙圧（高規格堤防およびその地盤の内部の浸透流による水圧、および地震時の過剰間隙水圧）の力

τ : 越流水によるせん断力

出典：[表 3-3-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
表 1-4 (H9. 10) P25

3-3 設計震度

高規格堤防およびその地盤のすべりに関する構造計算に用いる設計震度は、強震帯地域、中震帯地域および弱震帯地域の区分に応じ、それぞれ 0.15、0.12 および 0.10 とする。

高規格堤防の液状化に関する構造計算に用いる高規格堤防の表面における設計震度は、上記の値に 1.25 を乗じて得た値とする。

出典：[3-3]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
3.3.2 (H9. 10) P24, 25

河道内の水位が平水位を超える場合の設計震度は、上記の値の 1/2 とするものとする。

ここで、1/2 とするのは、洪水と地震の同時生起時の設計震度に非洪水時と同じ設計震度を用いることが、地震による堤防破壊の危険性を過大に評価することになるからであり、仮に壊れれば人工被害となるダムの設計においても、計画高水位に相当するサーチャージ水位等に対しては、平常時の 1/2 としている。

ただし、上記の設計震度は、地盤条件が三種地盤かつ堤防幅・高さ比が 20 以上の場合を想定したものであるため、地震履歴、土質、地盤の特性および堤防規模等がこの前提と異なり、上記の値よりも大きな設計震度を用いる必要があると判断される場合には、適切な方法を用いて上記の値とは別に設計震度を定めるものとする。

4. 安全性に対する設計

4-1 越流水による洗掘に対する安定性

高規格堤防は、越流水による洗掘破壊が生じないよう、堤防上部に作用する越流水による洗掘に対し、必要なせん断抵抗力を有するように設計する。

高規格堤防の堤体は、高規格堤防特別区域において通常の土地利用がなされても越流水による洗掘に対して耐えるものでなければならない。このため、河道内の水位が高規格堤防設計水位時における越流水の流速が堤体表面のせん断破壊を生じない流速以下にする必要があるが、越流水の流速は高規格堤防の川裏側の勾配に左右されるため、越流水による高規格堤防上部の表面のせん断力が、以下の式を満たすよう、堤防の川裏側の勾配を定めるものとする。

$$\tau = W_o \cdot h_s \cdot I_e$$

$$\tau \leq \tau_a$$

ここに、 τ : 越流水によるせん断力 (kN/m²)

W_o : 水の単位体積重量 (kN/m³)

h_s : 高規格堤防の表面における越流水の水深 (m)

I_e : 越流水のエネルギー勾配

q : 単位幅越水量 (m³/(s・m))

I : 堤防の川裏側の勾配 ($I = I_e$)

τ_a : 堤防表面の許容せん断力 (0.08kN/m²)

4-2 河道内流水による侵食に対する安全性

高規格堤防は、高規格堤防設計水位以下の河道内流水の作用による侵食破壊に対して安全な構造となるよう、必要に応じ護岸、水制等を設けるものとする。

高規格堤防は、普通の堤防のもつべき条件を包含するとともに、超過洪水発生時に作用する荷重に対して破壊されないよう設計されなければならない。計画高水位を上回り高規格堤防設計水位以下の水位による河道内流水の作用によって、高規格堤防の破壊につながる重大な表のり侵食破壊が生じてはならない。このため、水衝部等において、計画規模洪水から超過洪水になる際の堤防表のり側への流水による荷重(外力)の増大量が無視できないほど大きい場合には、必要に応じて護岸、水制等を設ける等、その外力に見合う措置を高規格堤防の設計に組み込まなければならない。なお、ここでいう河道内流水の作用には、表のり肩付近における越流水の作用も併せて考えるものとする。

4-3 浸透に対する安全性

高規格堤防は、堤防およびその地盤における浸透破壊とパイピング破壊に対して安全な構造となるよう設計する。

(1) 浸透破壊

高規格堤防において、浸潤線が川裏側の堤体ののり先より高い位置に浸出すると、堤体ののり面等が泥ねい状になって堤体の強度が著しく低下し、浸透水等で堤体が侵食されやすくなるので、浸透水ののり面への浸出による堤防の侵食破壊を防ぐため、浸潤線が川裏側ののり面と交わらないようにしなければならない。もし、浸潤線が堤防の川裏側ののり面と交わる場合には、ドレーン工等の対策工を実施する必要がある。

出典:[4-1]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.3(H9.10)P26

一部加筆

出典:[4-2]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.4(H9.10)P27

一部加筆

出典:[4-3(1)]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.5(H9.10)P27,28

一部加筆

浸潤線の算出については、有限要素法による非定常浸透流解析等により算出するものとし、この検討における川裏側ののり面位置としては、のり尻部を除き実際ののり面位置よりも 1.5m 低い位置をとるものとする。これは、高規格堤防特別区域においては、堤防表面から一定の深さまでは掘削・埋戻しが自由に行われるからである（「河川法 第 27 条第 2 項」参照）。

(2) パイピング破壊

パイピングは、堤体とその地盤あるいは構造物とその地盤の接合部およびその付近における浸透現象であり、高規格堤防は、高規格堤防特別区域で通常の土地利用がなされても、河道内の水位と川裏側の地表面の差から生ずる浸透力に対して耐えうるものでなければならない。

高規格堤防の堤体およびその地盤は、パイピング破壊が生じないよう必要な有効浸透路長を確保することとし、以下に示すレーンの加重クリープ比で評価するものとする。パイピング破壊が生じないためには、荷重クリープ比 C の値が、表 3-4-1 に示した値以上でなければならない。このレーンのクリープ比を用いるのは高規格堤防内に建築物や建築物の基礎等の構造物が入り、土と構造物との周辺部で水みちが生じやすくなることを考慮したものである。

$$C = (Le + \Sigma l) / \Delta H$$
$$= \{L1 + L2 / 3 + \Sigma l\} / \Delta H$$

ここに、 C : レーンの荷重クリープ比 (表 3-4-1 参照)

Le : 水平方向の有効浸透路長

$L1$: 水平方向の堤防と堤防の地盤の接触長さ

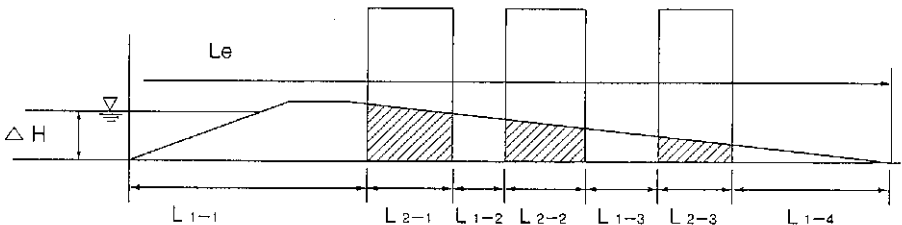
$L2$: 水平方向の堤防の地盤と地下構造物の接触長さ

Σl : 鉛直方向の地盤と構造物の接触長さ (通常は 0 とする)

ΔH : 水位差

表 3-4-1 レーンの荷重クリープ比

地盤の土質区分	C	地盤の土質区分	C
極めて細かい砂またはシルト	8.5	粗砂利	4.0
細砂	7.0	中砂利	3.5
中砂	6.0	栗石を含む粗砂利	3.0
粗砂	5.0	栗石と砂利を含む	2.5



上図においては、 $L1 = L_{1-1} + L_{1-2} + L_{1-3} + L_{1-4}$
 $L2 = L_{2-1} + L_{2-2} + L_{2-3}$ となる。

図 3-4-1 浸透破壊に対する安全性の検討

出典:[(2)]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
3.3.5(H9.10)P27,28
一部加筆

出典:[表 3-4-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
表 1-5(H9.10)P28

出典:[図 3-4-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
図 1-8(H9.10)P28

4-4 すべりに対する安全性

高規格堤防は、浸透および地震時の慣性力によるすべり破壊に対して安全な構造となるよう、円弧すべり法により最小安全率を 1.2 として設計する。

高規格堤防のすべり破壊に対する安定性については、表 3-4-2 に示す水位、地震力等の組合わせについて検討するものとする。

浸透によるすべり破壊に対しては、浸透流解析による浸潤面を算出し、円弧すべり法によりすべり安定計算を行うものとする。なお、浸潤面の算出は、河川水位と降雨を考慮した外力条件で非定常浸透流解析によって行うものとする。

また、地震時の慣性力による安定問題については、地震時の堤防の安定性あるいは被害変形量を的確に予測する実用的な手法は、現時点では確立されていないため、当面は、従来より一般的に用いられている震度法を用いた円弧すべり法を用いるものとする。

すべり破壊に対する最小安全率については、高規格堤防上が通常の土地利用に供され、土地利用者やその施設等の地震時の安全性を通常の市街地と同程度以上に確保する必要があることから、1.2 とする。（「構造令 施行規則第 13 条の 5」参照）

算定された安全率が 1.2 以下である場合は、バーチカルドレーン工法、サンドコンパクションパイル工法、固結工法等により適切な対応を行うものとする。

表 3-4-2 すべり破壊に関する安定計算に用いる外力条件

条 件	計画対象 のり面	地 震 力			水 位	間隙圧
		強	中	弱		
(1) 計画高水位を超え 高規格堤防設計水位以下	裏のり面	—	—	—	高規格堤防 設計水位	浸透圧
(2) 平水位を超え 計画高水位以下	裏のり面	0.075	0.06	0.05	計画高水位	浸透圧
(3) 水位低下時	表のり面	0.075	0.06	0.05	高規格堤防 設計水位 →平水位	残留間隙 水 圧
(4) 平水位以下	裏のり面 表のり面	0.15	0.12	0.10	平水位	浸透圧

また、軟弱地盤上の築堤で既設堤や周辺地盤への影響が懸念される場合には、別途検討を行い、必要に応じ適切な対策を行うものとする。

4-5 液状化に対する安全性

高規格堤防は、地震時の地盤の液状化破壊に対して安全な構造となるよう、過剰間隙水圧を考慮した円弧すべり法により最小安全率を 1.2 として設計する。

地震時の堤防の安定性あるいは被害変形量を的確に予測する実用的な手法は、現時点では確立されていないため、当面は、従来より一般的に用いられている過剰間隙水圧を考慮した円弧すべり法を用いるものとする。

出典：[4-4]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.6(H9.10)P28, 29

出典：[表 3-4-2]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

表 1-6(H9.10)P29

出典：[4-5]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.7(H9.10)P29

一部加筆

液状化によるすべり破壊の最小安全率は 1.2 とする。算出された安全率が 1.2 以下の場合には、地盤改良等適切な対策を講じなければならない。

4-6 堤防の沈下に対する配慮

高規格堤防は、高規格堤防特別区域が通常の土地利用に供されることから、土地利用に支障を及ぼさないよう極力沈下を生じないように施工上配慮するとともに、必要な余盛りを設計に勘案するものとする。

出典：[4-6]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
3.3.8(H9.10)P29

高規格堤防上に構造物等が築造された後、この堤防および構造物の荷重によって、土地利用に支障を及ぼすような新たな沈下が起こらないようにするため、高規格堤防の設計・施工段階から上載荷重を考慮しておく必要がある。なお、上載荷重としては、土地利用形態や宅地に建築される建築物の規模等を勘案して適切な荷重を設定する。この上載荷重を考慮して沈下計算を行い、残留沈下量の予測を行う。許容残留沈下量は、当面の土地利用形態を考慮して、築造後に高規格堤防上の構造物等に障害が生じない程度にしておくことが望ましい。

残留沈下量に見合う余盛りを設計時点で勘案しておくものとするが、「堤防余盛基準について」(昭和 44 年 1 月 17 日付治水課長通達)は高規格堤防については適用しない。なお、設計時点で予測した沈下挙動と実際の挙動とが異なる可能性もあるので、原則として動態観測を実施し、予測の修正や設計の見直しに反映させるものとする。

4-7 隣接構造物への影響に対する設計

高規格堤防の予定地に隣接構造物がある場合には、側方変位や引き込み沈下の解析を行わねばならない。解析の結果より、変位量が許容値以上である場合には、必要な対策を講じなければならない。

高規格堤防の隣接区域は、既に商工業地域や住宅地として土地利用されている場合が多く、堤防盛土施工に伴い発生する側方変位や引き込み沈下によって、隣接構造物に機能障害が生ずることが懸念される。

このような盛土による影響が想定される場合には、常時の応力～変位解析や圧密沈下解析を行い、変位量が許容値以下であるかどうかを確認しなければならない。算定された変位量が許容値以上であることが明らかな場合には、必要な対策を講じなければならない。

なお、安定解析(常時)によって求められた最小安全率が $F_s=1.4$ 以上であれば、側方変位が小さいことが知られており、このような場合には、側方変位の解析を行わなくてよい。

4-8 段階的施工における留意点等

高規格堤防の整備は、開発計画、現状の土地利用との整合から、全幅において完成断面にできなくても、逐次段階的に実施するものとする。しかしその設計にあたっては、高規格堤防特別区域が通常の土地利用に供されること、現状の堤防機能を損なわないものであること、将来完成時に極力手戻りが少なくなること等に配慮しなければならない。

ここで言う段階的施工とは高規格堤防の整備地区の施工順位を述べるものではない。ここでは、主として高規格堤防の横断方向断面形が、開発計画、現状の土地利用との整合から、全幅において完成できない部分的完成、いわゆる暫定断面形の設計等の考え方について述べるものである。

(1) 段階的施工における暫定断面形

段階的施工における暫定断面の高規格堤防とは、一般に高規格堤防基本断面に対して堤防幅の狭いものをさすが、この場合においても将来の完成時に手戻りとならないよう、その裏のり部分の高さについては将来形にそった高さでの施工を行うべきである。

(2) 段階施工時における設計

① 暫定断面とはいえ高規格堤防である以上、所要の安定性を求められるが、堤防幅とは密接な関係にある「構造令 施行規則第 13 条の 5 第 1 項」(洗掘)および「同第 13 条の 5 第 4 項」(浸透)については、完成後において確保すべき安定性に影響を与えない程度の安定性を有しているか、または「同第 13 条の 5 第 5 項、第 3 項」(すべり)、「同第 13 条の 5 第 5 項」(液状化)については、完成堤防と同等の安定性を有する必要がある。なお、高規格堤防の設計については、構造令のほか「高規格堤防盛土設計・施工マニュアル」等を参考に行う必要があるものである。

② 暫定断面として特に注意を要するのは「同第 13 条の 5 第 2 項、第 3 項、第 5 項」の安定性であり、これらについては、横断方向のみならず、縦断方向についても満足している必要がある。

出典：[4-8]

河川砂防技術基準

(案)同解説 設計編 I

3.3.9(H9.10)P30

一部加筆

第4節 特殊堤（標準）

1. 定義

高潮の影響を受ける区域における堤防、並びに地形、地質、土地利用状況等により「本章 第2節土堤」に示した基準による計画断面が確保できない場合の堤防を特殊堤という。

2. 断面形状および構造

2-1 高潮の影響を受ける区域における堤防

高潮の影響を受ける区域における堤防においては、以下のことに留意するものとする。

- ① 堤防の表のり面は、コンクリートその他これに類するもので被覆するものとする。
- ② 堤防の前面には、必要に応じて波返工を設ける。
- ③ 越波のおそれのある区間の堤防には、前項のほか天端および裏のり面も被覆し、堤内の堤脚沿いには越波した水を集水する排水路を設ける。
- ④ 堤防天端或いは波返工の天端高は、次のどちらか高いほうの値とする。その高さは、上流の(イ)による計画堤防高と一致する地点まで同じ高さとする。
 - (イ) 計画高水位 + 余裕高
 - (ロ) 計画高潮位 + 打上げ波高を考慮した高さ
- ⑤ 高潮の影響を受ける区間の堤防は、一般に基礎地盤の軟弱な地域に築造されることが多いため、耐震に対する安全性を考慮するものとする。
- ⑥ 設計にあたっては、「河川砂防技術基準(案) 設計編Ⅱ 第7章第3節堤防および護岸」を参考とする。

出典：[2-1]

改定解説・河川管理施設等構造令 第28条
(H12.1)P155, 156

一部加筆

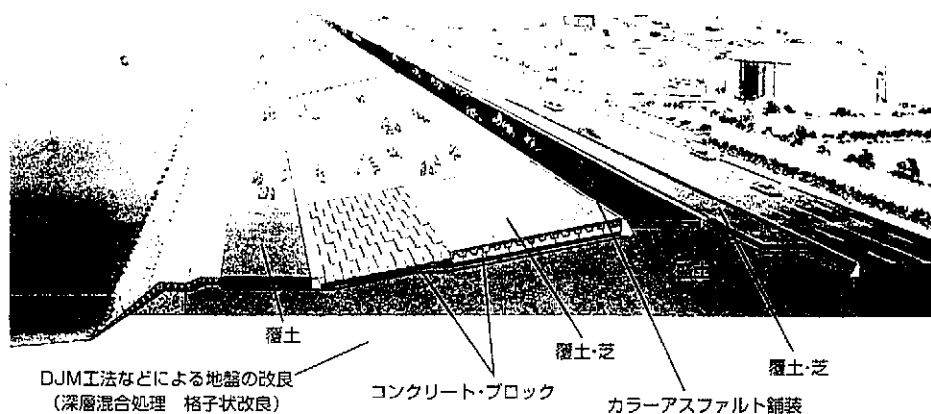


図 4-2-1 高潮堤防の例（淀川みらい堤）

2-2 胸壁（パラペット）を有する堤防

胸壁（パラペット）を有する堤防においては、以下のことに留意するものとする。

- ① 胸壁の高さは、余裕高（または波高相当高）未満とし、高くても 1m、極力 0.8m 程度以下にとどめることが望ましい。
- ② 胸壁は自立構造とし、原則的に支持杭を使用してはならない。
- ③ 堤防の基準天端高は、胸壁の背面から後ろに確保するものとする。
- ④ 胸壁の施工は、土堤部の圧密安定を待って行うものとする。

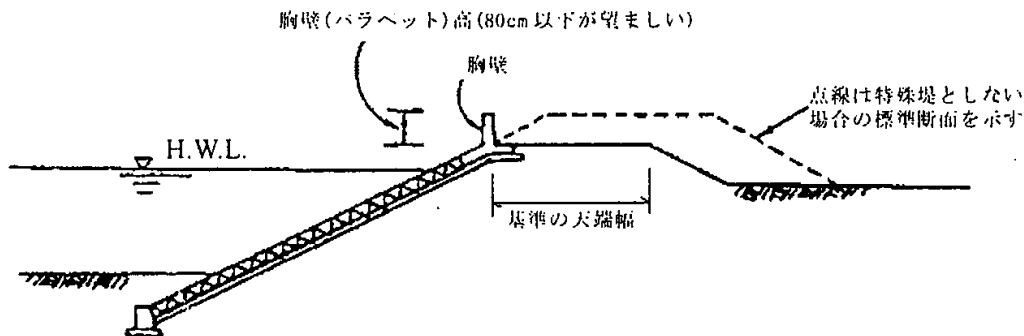


図 4-2-2 胸壁（パラペット）を有する堤防

2-3 コンクリート擁壁構造等の堤防

コンクリート擁壁構造等の堤防においては、以下のことに留意するものとする。

- ① この構造は、胸壁（パラペット）構造を採用できない場合の特例とし、みだりに採用してはならない。
- ② この構造の場合であっても、最小限の管理用通路を確保するため、できれば 3m 以上少なくとも 1m 以上の盛土部分（三面張りのものを含む）を設けることが望ましい。
- ③ 自重、水圧、土圧、地震慣性力等の作用荷重に対しても安定した自立構造とする。
- ④ 鋼矢板構造、コンクリート擁壁と鋼矢板の組合せ構造も、これらに準ずる。

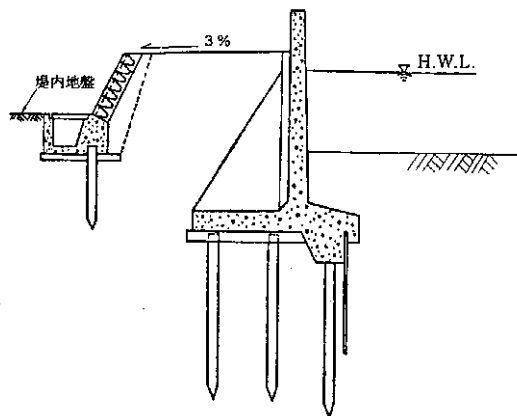


図 4-2-3 コンクリート擁壁構造の堤防例

出典：[図 4-2-2]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編 I
表 1-3 (H9. 10) P10

出典：[2-3]
改定解説・河川管理施設等構造令
(H12. 1) P161, 162
一部加筆

出典：[図 4-2-3]
改定解説・河川管理施設等構造令 図 3. 27
(H12. 1) P162
一部加筆

第5節 環境への配慮および河川空間活用への配慮

1. 河川環境の整備と保全

堤防のり面の植生は、高水敷や水辺と同様に河川環境を構成する一部であり、治水に影響の及ぼさない範囲で、堤防の安定を確保し、治水への影響を極力及ぼさないようにして環境の整備・保全に努める必要がある。

一般に堤防のり面には、降雨や流水等によるのり崩れや洗掘に対して土堤が安全となるように、芝や雑草によって被覆される。これは、芝が一面を被覆し、土を緊縛することによって堤体表土の剥離を防止させるためである。また、出水前後においては、堤防の安全を点検するために、さらに、花粉や害虫等の環境面から除草等が行われる。このように、堤防は、河川環境を構成する一部であるが、人為的に管理された環境であることも否めない。

このことを念頭に置き、堤防への河川環境の整備と保全を配慮していくものとして、堤防安全度を損なわない範囲で、人々に安らぎを与えるような、管理された環境を創造していくことが重要である。

2. 河川空間活用への配慮

堤防には、高水敷の利用や水辺利用等、河川空間の利用を促進するため、階段および坂路等アプローチを容易なものとなるように配慮するものとする。

堤防は、状況によっては、人の動きを阻害する障害となる場合がある。

そこで、河川のオープンスペース機能やウェルネス効果を住民に提供できるように、河川敷へのアクセスを容易なものとする必要がある。特に、高齢者等が安心して河川敷にアクセスできるように、坂路の緩傾斜化、階段への手すりの設置等、バリアフリー化を推進するものとする。

さらに、堤防天端では、周辺住民の散策路や通学路等に利用されており、通行が容易となるように、環境整備とあわせて舗装化することも必要である。